

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA - LEON.**

**UNAN-León**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**



Requisito previo para optar al título de Licenciado en biología

Tema:

**COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS PATRONES BIOLOGICOS EN  
ESTACAS DE TALLO DE SIETE ESPECIES DE PLANTAS  
IMPLEMENTADAS EN UNA OBRA INTEGRAL DE INGENIERA  
NATURALISTICA EN EL RIO CHIQUITO DE LA CIUDAD DE LEON,  
SEPTIEMBRE 2007 - JUNIO 2008.**

**PRESENTADO POR;**

Br. Juan Alberto Cortez Ramirez.

**TUTOR;**

Dr. Ricardo Rueda.

**ASESORES:**

Dr. Alessandro Petrone.

M.Sc. Rolando Martínez G.

León, Nicaragua. 2009.

***“A la libertad por la Universidad”***

**PROYECTO DESARROLLADO A NIVEL INSTITUCIONAL LOCAL Y DE COOPERACIÓN CON EL  
GOBIERNO DE LA REGIÓN TOSCANA Y DE LA PROVINCIA DE LIVORNO (ITALIA) CON EL  
NOMBRE DE:**

**PROYECTO SI-LEÓN 2006/ DESARROLLO INTEGRAL DEL DEPARTAMENTO DE LEÓN.**

Ejecutado con el soporte Técnico y Financiero de:

**DIAF (Departamento de Ingeniería Agraria y Forestal) - Universidad de Florencia (Italia).**

**AUCS (Asociación Universitaria para la Cooperación y el desarrollo).**

En colaboración con:

**Dirección de Obras Públicas y Proyectos (Alcaldía de León).**

**Dirección de Gestión ambiental y Departamento de Gestión de riesgo (Alcaldía de León).**

**Departamento de Biología de la UNAN-León.**

Evaluación y Ejecución del trabajo a nivel institucional de la UNAN-León como:

**COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS PATRONES BIOLOGICOS EN ESTACAS DE TALLO DE  
SIETE ESPECIES DE PLANTAS IMPLEMENTADAS EN UNA OBRA INTEGRAL DE  
INGENIERA NATURALISTICA EN EL RIO CHIQUITO DE LA CIUDAD DE LEON, SEPTIEMBRE  
2007 - JUNIO 2008.**



## I. DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios por haberme dado la vida y la fuerza para seguir adelante siempre, pese a todos los obstáculos en la vida.

A mis padres *Félix Alberto Cortez M. y Gladis Epifania Ramirez Espinoza*, por todos los esfuerzos realizados para hacerme en esta vida profesional, son un ejemplo de padres!.

A mi novia *Nancy Nohemí Gutiérrez Ch.*, quien me ha brindado su amor, comprensión, apoyo y con sus consejos ha producido una mejor persona.

A mis hermanos; *Erwin Ramirez*, *Jacqueline Ramirez*, *Samuel Cortez*, *José Ramirez* y a mi primo *Fernando Fernández*.

A mis fallecidos e inolvidables abuelitos, estoy seguro que ellos estarían orgullosos.

A mi Padrino *Pedro Flores*, Tíos (as), quienes nunca pensaron que llegaría a esta, de entre las metas porque todo ha sido tan difícil, y a todas aquellos que aportaron su granito de arena para conmigo.



## II. Agradecimientos

Agradezco a Dios primeramente por darme la sabiduría, perseverancia y la fuerza para alcanzar uno de mis sueños, “formarme como profesional”.

A mi amigo, el Dr. Ricardo Rueda por aceptar Tutoriar este trabajo, y por brindarme su conocimiento y animarme a no desfallecer.

Al maestro; el Ingeniero y Master Rolando Martínez, por sus consejos y asesorarme con su amplio conocimiento en Bioestadística para la realización de este trabajo.

Al Proyecto SI-LEON 2006. Desarrollo Integral del Departamento de León, DIAF, AUCS-Universidad de Florencia, la Región Toscana y Provincia de Livorno, Italia y la Alcaldía de León, ya que económica y técnicamente a ellos se debe este trabajo.

Al Doctor en Ingeniería Forestal, Alessandro Petrone y Roberto Ferrari por sus sugerencias fructíferas.

A Lic. Carlos Saavedra, quien me apoyó sin interés, orientándome para solicitar la Beca Interna en el Año Común en el 2002.

A las profesoras, Msc. Lourdes Callejas y Dra. Verónica Díaz, por confiar y darme la oportunidad de hacer prácticas en el Laboratorio de Biología de Genética Molecular, muy agradecido. A los Msc. Rolando Dolmus, Rebeca Pastora, Inés Dávila, Vilma Solís, Ricardo García, Pedrarias Dávila y Mauricio Prado, gracias por sus atenciones.

A Doña Ligia (Bibliotecaria del Recinto Central), por sus atenciones amables y eficiencia al momento del préstamo de libros, y porque es digna de reconocimiento, es la mejor bibliotecaria.

A todos mis amigos; Tomas Herrera, Javier Artola (Matemático), David Cerda y Marcos Campos (Biólogos), por apoyarme cuando los necesitaba y a aquellos que me alentaron con sus buenos consejos.

A los Brs; Marcelo Quintana y Oscar Pozo, que por razones personales no pudieron continuar junto a mí, en esta ardua labor.

¡A todos gracias!



### III. TERMINOLOGÍA

**I.N:** Ingeniería Naturalística

**Tepes:** siembra de material herbáceo en forma de alfombrado.

**Propiedades biotécnicas:** cualidades de las plantas para contener el suelo a través de su capacidad regenerativa, de enraizamiento y de crecimiento.

**Helófitas:** Plantas con carácter herbáceo, que proliferan sumergidas, parcialmente sumergida o en suelo muy húmedo, o bien al margen de los cursos de agua continental.

**Biocauce:** Depresión en el suelo generada por una obra de reestructuración planificada, construido principalmente de madera para dirigir el curso del agua en determinada dirección.

**Autoregenerativo:** Por la capacidad de reproducción asexual, y sexual potencialmente, tiende a generar progenie, además de contribuir a nutrir y restablecer las condiciones del ecosistema.

**Biota:** conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada.

**Raíces primarias:** En algunos estudios biológicos del enraizamiento de estacas, las primeras raíces pueden denominarse por conveniencia raíces primarias para referirse temporalmente a las primeras raíces que en realidad son *adventicias primarias*.

**Hidrogeología:** estudio de las aguas superficiales y subterráneas y sus ciclos entre otras cosas, y de los aspectos geológicos (edafológicos) que condicionan la acumulación del agua en el suelo y su circulación (*Gran enciclopedia Aragonesa online*).

**Paranatural:** en lenguaje biológico se utiliza para hacer mención de ecosistemas transformados especialmente por el hombre.

**T.S:** Tasa de Supervivencia o Sobrevivencia.

**FDs:** Factor de Distribución de Siembra

**Antrópico:** que procede de la acción humana



## IV. RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en la Rivera Sur de Río Chiquito de la Ciudad de León (38° 51' 33" Norte y 094° 47' 94" Oeste), en un área de 300 m<sup>2</sup> y en pendiente de 37°≈. El tipo de obra fue de tipo *Estabilizante o de Consolidación* y el estudio del material vegetal comprendió 10 meses, este abarcó invierno—verano—invierno. Utilizando el diseño de Sub-Bloques en Bloques se hizo un *Diseño de Sub-parcelas aleatoriamente divididas* (Montgomery et al., 2005). En la distribución de siembra en Sub-Bloques se implementó el *Factor de Distribución de Siembra (FDs)*. Grosor de estacas para empalizadas vivas fue; la base del dedo índice (1.5 cm), a la parte media del antebrazo (5.5 cm) (Petrone, com. Pers., 2007), empleando un total de 1,750 estacas. Según los patrones biológicos estudiados, resultaron idóneas; *Cordia dentata* Poir., *Plumeria rubra* L., *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch y *Spondias purpurea* L. El test  $r^2$  utilizado en el análisis relativo entre *crecimiento* y *producción* en el número *radicular* mostró que ambas variables se comportan inversamente proporcional con un nivel de confianza de 0.05 (95%).

**Palabras Clave:** *Ingeniería naturalística, río chiquito, patrones biológicos, regresión lineal.*



## INDICE

<b>I. DEDICATORIA .....</b>	<b>i</b>
<b>II. Agradecimientos .....</b>	<b>ii</b>
<b>III. TERMINOLOGÍA .....</b>	<b>iii</b>
<b>IV. RESUMEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>4. LITERATURA REVISADA.....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. La Ingeniería Naturalística .....</b>	<b>5</b>
4.1.1. Origen.....	5
4.1.2. Ámbitos de Intervención .....	5
4.1.3. Elementos importantes de aplicabilidad .....	6
4.1.4. Que es necesario conocer antes de llevar a cabo una Obra .....	7
4.1.5. Clasificación del tipo de Obra .....	7
4.1.6. Ventajas y desventajas.....	8
4.1.7. Limitantes de la Ingeniería Naturalística.....	8
<b>4.2. Consideraciones para la utilización de las plantas .....</b>	<b>9</b>
<b>4.3. Tipos de siembra del material vegetal .....</b>	<b>10</b>
<b>4.4. Errores frecuentes .....</b>	<b>10</b>
<b>4.5. Papel de las plantas en la bioingeniería .....</b>	<b>10</b>
<b>4.6. Susceptibilidad de los suelos a erosionarse .....</b>	<b>12</b>



<b>4.7. Pautas que encausan al éxito .....</b>	<b>14</b>
<b>4.8. Ingeniería Naturalística en Nicaragua .....</b>	<b>15</b>
<b>4.9. Ingeniería Naturalística en León .....</b>	<b>16</b>
<b>4.10. Situación Meteorológica del Municipio.....</b>	<b>16</b>
4.10.1. Acumulado de Precipitación Anual .....	16
4.10.2. Temperatura .....	16
4.10.3. Humedad Relativa .....	16
4.10.4. Velocidad del Viento .....	17
4.10.5. Tipo de Suelo .....	17
<b>4.11. Situación Ambiental .....</b>	<b>17</b>
<b>4.12. Estado del Río Chiquito .....</b>	<b>18</b>
4.12.1. Biodiversidad .....	18
<b>4.13. Caracterización Taxonómica de las Especies.....</b>	<b>19</b>
<b>4.14. Generalidades de Ecofisiología.....</b>	<b>24</b>
<b>4.15. Generalidades de Reproducción.....</b>	<b>28</b>
4.15.1. Propagación vegetativa artificial .....	28
<b>4.16. Reguladores del crecimiento y del desarrollo .....</b>	<b>29</b>
4.16.1. Las Fitohormonas .....	29
<b>4.17. La Raíz .....</b>	<b>31</b>
4.17.1. Funciones de la raíz .....	31
4.17.2. Formación de raíces en estacas .....	31
<b>4.18. Crecimiento y Desarrollo Vegetal.....</b>	<b>32</b>
<b>4.19. Generalidades edafológicas .....</b>	<b>33</b>
4.19.1. El suelo.....	33





4.19.2. Composición del suelo .....	33
4.20. Importancia ecológica de la revegetación de ecosistemas .....	34
4.21. Técnicas de Revegetación .....	34
4.22. Conservación .....	35
5. MATERIAL Y MÉTODO .....	36
5.1. Localización .....	36
5.2. Materiales .....	36
5.3. Método .....	36
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
7. CONCLUSIONES .....	50
8. RECOMENDACIONES.....	52
9. BIBLIOGRAFÍA .....	53
ANEXOS .....	57



## 1. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua uno de los mayores problemas ambientales que abonan al deterioro, es la fragmentación de los ecosistemas naturales por deforestación, que es un mal heredado culturalmente que junto a los problemas sociales y de los entes del estado mismo, se muestran en cierto modo debilitados y a veces con poca capacidad de asumir con firmeza las acciones debidas en Pro de establecer alternativas que fortalezcan la recuperación de ecosistemas perturbados; se estima que se ha perdido entre el 70-90% de los bosques naturales en la región del Pacífico (Quijano & Ramírez, 2001). Con ello, se potencia la vulnerabilidad de las condiciones de vida de los más desposeídos en una fracción importante de entre los desastres naturales que a nivel mundial según la Federación Internacional de las Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, el 90% de las víctimas ocurre en países en vías de desarrollo (Petrone & Preti, 2003). En nuestro país la discrepancia sobre los usos potenciales de los suelos, es un elemento que en cierto modo ha contribuido con el deterioro ambiental por diferentes acciones antrópicas (FAO, 2007).

El empleo de la *bioingeniería* ofrece una buena alternativa para tratar espacios de ecosistemas en deterioro o en proceso de este. Cumple una función hidrogeológica de consolidación del terreno a través de la cobertura del mismo, la contención de las precipitaciones atmosféricas, la protección del terreno de la erosión por acción del viento y cumple una eficiente función de drenaje. La ingeniería naturalística tiene la función de protección y recuperación ambiental de vertientes y orillas fluviales en erosión. Pero tienen también un valor agregado, representado por el elevado valor paisajístico y respetuoso de los ecosistemas, y en este sentido no trata de recuperar plenamente las condiciones zonales, sino más bien, de “coser” o reparar los daños al ecosistema, teniendo en cuenta que el efecto de factores ambientales en el planeta son parte de los procesos naturales y no deben ser desviados en su totalidad.

Esta disciplina es muy bondadosa, sobre todo en el ámbito de estabilización y consolidación de taludes, desde el 2002 se han desarrollando obras en áreas de mucha fragilidad del suelo, de estos trabajos muy poca información se ha generado. El uso de especies de plantas con valor forestal o agronómico es uno de los pilares fundamentales, en el 2003 se ejecutó una obra en la riberas de la parte alta del río Chiquito de la Ciudad de León, demostrándose la habilidad y particularidad de plantas localmente propagadas vegetativamente, el trabajo más reciente se hizo en el Cerro Musúm – Matagalpa en el 2006, donde se encontró a cuatro especies de plantas con aptitud para este tipo de obras como son; *Gliricidia sepium*, *Cordia dentata*, *Jatropha curcas* y *Bursera simaruba* (Petrone & Arcudi, 2006). En países de Sur América como Colombia se han utilizado plantas como: *Cordia alliodora*, *Inga codonantha*, *Trichanthera gigantea*, *Coffea arabica*, entre otras, en zonas de montaña cafetaleras para la estabilización de pendientes con muy buenos resultados (Rivera & Sinesterra, 2005).



Hay que reseñar, que el éxito de esta disciplina depende no solamente de la capacidad de las plantas a propagarse vegetativamente, sino también de la capacidad con que responden a factores que son causa de estrés ecofisiológico y al que no debe exceder a la habilidad de tolerancia, de lo contrario existe el riesgo de desperdiciar el recurso. Conocer elementos importantes de botánica, taxonomía, biogeografía, ecofisiología, fenología, patrones meteorológicos, etcétera., ayuda a hacer un mejor uso del material en tiempo y forma, así como también el conocimiento edafológico local y régimen meteorológico, todo ello contribuye a administrar mejor los recursos tanto económicos como técnicos.

La disciplina trata de optimizar su operación con el uso de especies locales que mejor se acomodan a los elementos ambientales zonales, teniendo en cuenta el uso de diversas especies siempre que las condiciones de ambiente lo permita, de ésta manera y con el tiempo la revegetación está comprometida a convertirse en un potencial paisajístico enfocado a reestablecer opciones biológicas de refugio y albergue de otras especies biológicas, en términos generales se torna productivo mejorando las condiciones hidrogeológicas. Aun queda mucho por conocer entre la diversidad de plantas con potencial de responder a las necesidades de consolidar, estabilizar áreas con pendiente de  $>10^\circ$  y que por su rápido crecimiento aéreo y enraizamiento son idóneas. En Nicaragua se conoce muy poco de plantas que funcionan con eficiencia en obras de intervención de esta disciplina, la falta de expertos en esta área y de documentación apropiada a nivel nacional, se convierte en un factor limitante para el empleo apropiado y exitoso tanto de los recursos vegetales como humanos (Palmeri et al., 2002).

Técnicamente, no es importante solamente encontrar las especies con alta sobrevivencia ( $> 40\%$ ), sino también poder descubrir y describir ciertos patrones biológicos después de un tiempo dado, que entre más se conozca de estos, mejor y más rápido se estabiliza y consolida el suelo en un área de interés, ya que se administran mejor los recursos desde todo sentido (López et al., 2002). Reconociendo además, que en estos trabajos un factor fundamental se apoya en el conocimiento del sistema de enraizamiento de las plantas, que pasan a constituir el modelo biotécnico en la contención del suelo, contribuyendo a la recuperación de la micro y macrobiota con el paso del tiempo.



## 2. JUSTIFICACIÓN

Los procesos de deforestación para abrir paso a actividades del agro en el siglo pasado ha desencadenado una serie de efectos negativos en la biodiversidad (Flora y Fauna) apoyado por el crecimiento rural y urbano, junto a otras actividades. Según el PNUD (2008) en su IV Informe de Desarrollo Humano, el mal uso del suelo por diversas actividades humanas conscientes e inconscientes, ha desencadenado la pérdida de la productividad de los suelos en 0.75% anualmente y con ello nace una barrera en la progresión florística, lo que produce una salinización, contaminación, lixiviación y erosión de los suelos muy importante, tanto así que en los últimos 19 años en la zona del pacífico se ha perdido más del 70% de los ecosistemas naturales, que en consecuencia fortuita los suelos al descubiertos se vuelven inestables, produciéndose en multitud de casos, rotura y deslizamiento de los suelos no solo en los márgenes de los caudales de los ríos, sino también en áreas de bosques deteriorados y otras zonas, que también por ausencia de vegetación son ya frágiles y susceptibles a tener mismo final (FAO, 2007)

Para desarrollar este trabajo se consideran los siguientes puntos;

1. Río Chiquito de la Ciudad de León, posee áreas en su curso potenciales a desbordarse donde es urgente intervenir, para estabilizar y consolidar el talud.
2. La poca vegetación arbórea o de mayor envergadura expone la necesidad de incidir para mejorar el ecosistema ripario.
3. Existe muy poca o casi nada de información que ayude a utilizar mejor las especies vegetales y que conlleve al éxito, en este tipo de trabajo.

En vista a estas debilidades, nace la necesidad de la ejecución de una obra de bioingeniería en una de las zonas de alto riesgo, como es la zona de la rivera Sur al margen del Puente de Guadalupe. Además de ser el primer trabajo de tipo científico que a nivel institucional local y nacional, pretende generar información relevante para trabajos posteriores de esta disciplina.



### 3. OBJETIVOS

#### Generales

- Conocer el comportamiento de algunos patrones biológicos en estacas de tallo de siete especies de plantas implementadas en Ingeniería Naturalística en el Río Chiquito.

#### Específicos

- Estimar la *Tasa de Supervivencia*, *Producción Promedio de Brotes Principales*, *Crecimiento aéreo* y *Biomasa Radicular generada*.
- Inferir en el grado de *relación* entre *Cantidad de Brotes* y *Longitud de Brote Principal*, así como el *Crecimiento de Raíces Primarias* con *Número de ellas*.
- Encontrar las especies más idóneas para este tipo de obras basado en los mejores parámetros biológicos.



## 4. LITERATURA REVISADA

### 4.1. *La Ingeniería Naturalística*

Esta disciplina, también conocida como Ingeniería Biológica o Ingeniería del Paisaje es una área técnico - científica, que estudia las modalidades de uso de las plantas vivas, de partes de plantas o incluso de asociaciones vegetales enteras como materiales de construcción, frecuentemente combinados con materiales inertes, como piedra, tierra, madera y hierro u otros industriales de artefacto.

Cumple una función *hidrogeológica* de consolidación de terreno a través de la cobertura del mismo, la contención de las precipitaciones atmosféricas, la protección del terreno de la erosión debido a la acción del viento y la fluvial, cumpliendo así, con una eficiente forma de drenaje.

La intervención de la Ingeniería Naturalística tienen una función primaria, que es la protección y recuperación ambiental de vertientes, laderas, riveras fluviales y taludes potenciales a la erosión, y segundo, tiene un valor agregado, representado por el alto valor paisajístico que además es una promoción de recuperación de hábitat y respeta los ecosistemas [gracias a la Asociación Italiana para la Ingeniería Naturalística "AIPIN" quien divulga los progresos de esta disciplina y sus técnicas que actualmente existen en más de 120 tipos] (Palmeri et al., 2002 )

#### 4.1.1. Origen

El origen de esta disciplina y su desarrollo están en sincronía desde el punto de vista científico y tecnológico, ya que empieza a tomar auge a inicios del siglo veinte en Austria, Suiza y Alemania, siendo primeras experiencias documentadas en informes y reportes, precisamente por Operadores Forestales e Inspectores de Administración Pública, que en contexto de sus funciones empezaron a experimentar, evaluar y codificar algunas tipologías y criterios de intervención basados en experiencias. En las últimas décadas esta disciplina está siendo muy fuerte en Italia y Francia y actualmente se están llevando a cabo diversos trabajos en países tropicales de Oriente y Occidente (Petrone & Preti, 2005).

#### 4.1.2. Ámbitos de Intervención

Desde el punto de vista legislativo, el empleo de este tipo de obras es cada día mas impulsado tanto por el indudable valor ecológico y de restauración del paisaje amigable al ambiente, como por la competitividad económica en relación a intervenciones clásicas, en tanto que la intervenciones de esta disciplina son de gran importancia y accesibles en la contención de terrenos vulnerables expuestos a desastres que pueden convertirse de gran envergadura, cobrando vidas humanas y desestabilizando las condiciones del ambiente, que en contexto



institucional se torna costoso, ya que obliga en muchos casos a agotar los fondos disponibles para atender los problemas de emergencia que bien pueden ser evitados o disminuidos considerablemente. En el mundo, más del 90% de las víctimas por catástrofes naturales viven en países en vías de desarrollo según la Federación Internacional de las Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (Petrone & Preti, 2003). Por lo que la ingeniería biológica es una alternativa para intervenir en;

4.1.2.1. Suelos en montañas en riesgo al derrumbe por efecto de la deforestación o bien, si ya ha ocurrido el derrumbe de laderas o similares.

4.1.2.2. Recuperación ambiental en suelos de minas, corrientes o lugares que han sido aprovechados en cualquiera de sus tipos de riquezas.

4.1.2.3. Basureros y áreas degradadas por efecto de la misma actividad del hombre.

4.1.2.4. Realización de nuevas unidades de ecosistemas para aumentar la biodiversidad local o territorial.

4.1.2.5. La realización de ecosistemas-filtro para tratamiento de vertidos.

4.1.2.6. Creación de muros y barreras vegetales anti-polvo o anti-ruido y estabilización de litorales sujeto a erosión y fijación de dunas (marinas y lacustres).

4.1.2.7. Realización de nuevas estructuras ambientales para garantizar la permanencia y la movilidad de la fauna silvestre (p. ej, escala de peces en los cursos de ríos, integra tramos de los corredores biológicos, que en situaciones más avanzadas pueden tornarse en áreas protegidas, etc.)

Actualmente estas técnicas son alternativas más adecuadas que las de ingeniería tradicional, aun así, en determinadas circunstancias, los métodos clásicos de ingeniería civil no pueden ser abandonados sino más bien redefinidos con el cuidado de adoptar la técnica más sencilla que menos material vivo e inerte requiera con menos costo humano y económico tenga (Palmeri et al., 2002).

#### **4.1.3. Elementos importantes de aplicabilidad**

Estas intervenciones se desarrollan en base a cuatro funciones fundamentales:

4.1.3.1. Técnico-funcionales; antierosivas y de consolidación.

4.1.3.2. Naturalística; no solo por la cobertura de plantas o partes de esta, sino por la reconstrucción de ecosistemas *paranaturales* mediante el uso de especies autóctonas.

4.1.3.3. Estética y paisajística; de “coser de nuevo” al paisaje circundante.



#### 4.1.3.4. Económicas; estructuras competitivas y alternas a obras tradicionales.

Esto atribuye que, el minimizar el impacto ambiental es necesario, siempre a medida de lo posible, limitar la naturalidad. Ya que los fenómenos que contribuyen a los cambios naturales, son parte de la misma dinámica de la naturaleza de este planeta, y no deben limitarse en definitivo.

#### 4.1.4. Que es necesario conocer antes de llevar a cabo una Obra

Antes intervenir una zona por las razones que sean necesarias es preciso conocer en su mayoría de ciertos aspectos locales que nos ayudaran al éxito de la obra;

4.1.4.1. Topografía de la Zona objeto a intervenir.

4.1.4.2. Caracterización del régimen climático

3.1.4.3. Datos sobre las características del suelo

4.1.4.4. Datos Hidrológicos

4.1.4.5. Caracterización geotécnica del área

4.1.4.6. Caracterización de la vegetación del área

4.1.4.7. Caracterización de aspectos legales y socio-políticos local

#### 4.1.5. Clasificación del tipo de Obra

De acuerdo al tipo de intervención la obra puede clasificarse en;

**4.1.5.1. De recubrimiento:** Las obras de recubrimiento particularmente son ejecutadas donde se necesita una protección rápida del suelo. Sin duda la acción es la de recubrir y proteger, donde entran en juego las especies herbáceas o bien arbustivas, ya que muchas de estas plantas se propaga más rápidamente, sea por semillas o vegetativamente y los resultados, siempre aprovechando las condiciones prestadas por el ambiente.

**4.1.5.2. Estabilizante o de Consolidación:** estas se emplean en áreas amenazadas por acciones mecánicas desestabilizantes intensas, donde es necesario trabajar con el suelo a nivel mas profundo (ej. lechos de ramaje y empalizada).

**4.1.5.3. Combinada o Mixta:** esta es llamada así, porque se realizan con el uso conjunto de materiales vivos e inertes. Además se emplean plantas viva y/o porciones que hacen que incremente la eficacia de la obra, así mismo el material inerte estabiliza para que después de un tiempo alcancen la función de *sostén y consolidar* escarpaduras y pendientes inestables por si solas.





**4.1.5.4. De conclusión:** estas permiten proteger la vegetación implantada en la fase inicial y promover el desarrollo posterior, para alcanzar el fin planteado.

**4.1.5.5. Obras complementarias:** consisten prácticamente en utilizar vegetación arbórea, arbustiva y herbácea, concretamente trata de recoger las técnicas clásicas de reforestación de las cuencas de montaña. De todos los tipos de obras, existen más de 120 diseños que se aplican siempre que sea conveniente a las condiciones hidrogeológicas y de ambiente.

#### 4.1.6. Ventajas y desventajas

Es razonable pensar en los **Pro** y **Contra** de cualquier técnica o método de trabajo en cualquier disciplina de la ciencia, así mismo no se debe de obviar que la I.N también tiene debilidades y ventajas:

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
No es afectado por procesos de degradación, efecto de estabilización es creciente, por la capacidad autoregenerativa	No proporciona todas las exigencias de consolidación y seguridad requerida en algunos casos
La protección es creciente, absorbiendo acciones naturales agresivas en el tiempo	Su implementación está condicionada con por Aspectos Meteorológicos, sobre todo el material vegetal
Es biológica y ecológicamente activa	La eficacia no es inmediata, sino después de un intervalo de tiempo
Valoración estética del paisaje y captura de CO <sub>2</sub>	Exigen espacio, sobre todo el área a tratar

#### 4.1.7. Limitantes de la Ingeniería Naturalística.

Aunque las técnicas de Ingeniería Naturalística tengan un amplio abanico de posibilidades de éxito y beneficios ecológicos tiene una serie de limitaciones que condicionan su ejecución y efectividad misma como son:

**4.1.7.1. Estacionalidad:** Los trabajos deben realizarse cuando el material vegetal esté en estado vegetativo adecuado y cuando las características climatológicas locales son favorables para iniciar un enraizamiento y crecimiento.



**4.1.7.2. Mantenimiento:** Al no ser las intervenciones de efecto inmediato deben realizarse controles y mantenimiento tras la realización; entresacas, resiembras, sustitución de plantas o partes, riego, abonados, podas, etc. La falta de recursos económicos para atender y dar continuidad en los proyectos se convierte a veces en un elemento que resta posibilidades de éxito.

**4.1.7.3. Personal Capacitado:** Dado que son técnicas recientes y que deben emplearse simultáneamente a otras técnicas de construcción, una limitación importante lo constituye la falta de personal formado en la ejecución concreta. De ahí la necesidad de hacer cursos teóricos-prácticos para su formación.

**4.1.7.4. Obtención del Material Vegetal a Utilizar:** Muchas veces las semillas de las plantas adecuadas no se encuentran en el mercado, tampoco las estacas, ni la madera de complementación, por lo que se recurre a la colaboración de autoridades locales para el permiso de recolecta, así mismo como la colaboración voluntaria de dueños de aéreas que factiblemente puedan proveer la cantidad suficiente y las especies de interés o por lo menos venderla a precios justos, con el debido permiso para extracción y supervisión de autoridades a cargo.

**4.1.7.5. Condiciones de seguridad:** Las técnicas pueden sustituir a técnicas tradicionales solo cuando las condiciones ambientales y de seguridad garanticen su buen funcionamiento. En otros casos, por razones de seguridad, será mejor recurrir a técnicas clásicas, ya que no serviría de nada exponer gran cantidad de material vegetal a condiciones muy adversas y gastar el tiempo, dinero, fuerza de trabajo y demás por nada. Dentro del marco legal invadir o causar daños en propiedades del estado o privatizadas por ciertas personas es razón de pena, pero es la humanidad quien pierde más en todo esto, por eso cuidar las mejoras a favor de la biosfera es responsabilidad de todos. A esto debe sumarse la responsabilidad de los gobiernos locales en asegurar aquellas zonas intervenidas y proveer condiciones planificadas que fomenten la positividad de obras de intervención.

## **4.2. Consideraciones para la utilización de las plantas**

Para asegurar el éxito del material vegetal en obras de **I.N** es conveniente conocer de:

- 4.2.1. Si la especie es autóctona
- 4.2.2. Si es de procedencia local
- 4.2.3. Si la especie es pionera localmente
- 4.2.4. Si la especie tiene capacidad de reproducción vegetativa
- 4.2.5. Si la especie tiene elevada aptitud biotécnica
- 4.2.6. Si la especie es de crecimiento rápido y/o germinación



#### 4.2.7. Que sea tolerante a la sequía y la contaminación

En algunos trabajos es posible no conocer mucho sobre estos fundamentales criterios, por lo que es necesario darle seguimiento al comportamiento biológico en esas condiciones ambientales, además es imprescindible conocer de su taxonomía, distribución, botánica básica, ecofisiología y demás generalidades. Sobre esto hay mucha información que puede ser útil para una buena interpretación estadística y no repetir errores en futuros trabajos, ya que esto promueve el buen uso de las especies, en momentos oportunos.

### **4.3. Tipos de siembra del material vegetal**

El material vegetal que se va a utilizar puede ser sembrado:

4.3.1. Manualmente

4.3.2. Mecánicamente (básicamente las semillas)

4.3.3. A Tepes (generalmente herbáceas en forma de alfombrado)

El material vivo necesita cuando menos de uno a dos períodos para enraizar eficazmente. Por ello, por seguridad no conviene dejar las estacas o material objetivo cubiertos con suelo más de las  $\frac{3}{4}$  partes que su propia longitud.

### **4.4. Errores frecuentes**

Los errores que algunas veces suelen cometerse son:

4.4.1. Utilización y apropiamiento de material vegetal en periodo no idóneo

4.4.2. Utilización de una sola especie

4.4.3. Características de la(s) especie(s) no corresponden a la necesaria

4.4.5. Cantidad de material insuficiente

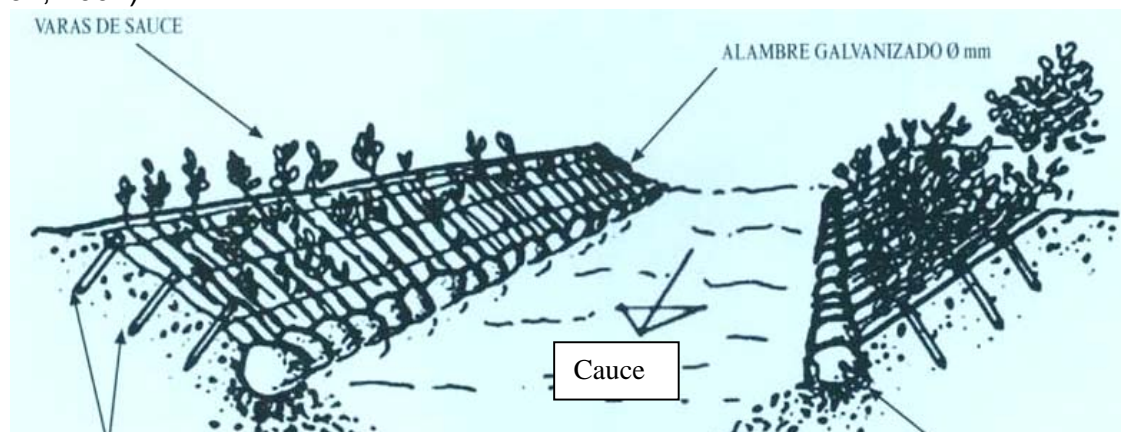
4.4.6. El material cortado no se deja inmerso en agua, mientras espera a ser utilizado.

### **4.5. Papel de las plantas en la bioingeniería**

En el caso que nos ocupa esta disciplina se aplica a la recuperación y tratamiento de cursos de ríos, taludes y pendientes con inestabilidad potencial. El fin es disminuir la acción erosiva de la dinámica fluvial sobre todo, si ésta ha sido modificada, por efecto de la deforestación, merma en la mayoría de casos por acción antrópica.



**Figura 1. Estructura de empalizada viva a tres niveles en obra de ámbito fluvial (Palmeri et al., 2002).**



Las especies que se establecen en las riberas y lugares de ligeras pendientes en los ecosistemas, tienen una serie de características que las hacen idóneas para su utilización:

**1 - Protección del terreno**, interceptando la acción agresiva de la lluvia, retienen el agua de la precipitación, disminuyen el flujo del agua y impiden la erosión superficial en exceso.

**2 - Evapotranspiración**, la vegetación de ribera es capaz de drenar gran cantidad de agua. El trabajo de las plantas al disminuir la capacidad de saturación de agua sobre las partículas de suelo, disminuye la fuerza resultante del agua (debido al aumento del propio peso) y por tanto la estabilidad del margen (cárcavas, taludes y/o suelos con pendientes  $>10^\circ$  inestables y pobres en vegetación) aumenta en periodos de alta carga de humedad (un bosque o un prado puede liberar a la atmósfera entre 4-5 mm de agua /m<sup>2</sup> de área en un día de lluvia (1mm=1 litro/m<sup>2</sup>).

**3 - Resistencia a la tracción**, las especies que forman estolones poseen una mínima resistencia a la tracción mientras que en las gramíneas y las especies herbáceas con raíces profundas, ésta es superior. Árboles y arbustos ofrecen una resistencia a la tracción a través de sus patrones de enraizamiento hasta de 5,500 N (1 Newton=0,1 Kg) en tan solo dos periodos de crecimiento, la cual ofrece un impedimento a la fracturación y deslizamiento del suelo.

**4 - La combinación de plantas**, plantas de raíces profundas y plantas con raíces más superficiales crea una sección del terreno penetrada de una forma más homogénea por los sistemas radiculares y por tanto más resistentes y consolidados.

**5 - Capacidad de reproducción por vía vegetativa**, permitiendo su proliferación tras desastres naturales, aumentando la velocidad de "coser" de nuevo el ecosistema.

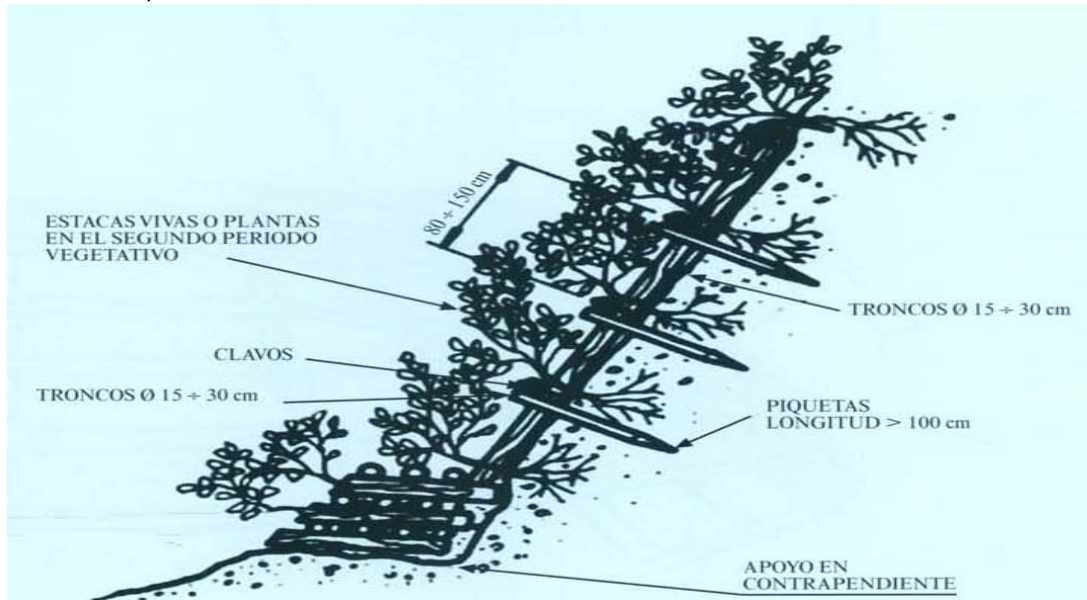
**6 - Crecimiento muy rápido**, tanto del sistema aéreo como del radicular (el sistema aéreo de las plantas *helófitas* puede crecer del orden de 1-2 cm./día).

**7 - Tolerantes a la inmersión hídrica**, durante periodos de tiempo prolongado

Las pendientes de terrenos fracturados o factibles al deslizarse que se intervienen en determinadas condiciones, deben ser como óptimo de 1:3 (partiendo los 90 en tres partes iguales en el plano x) y solo en casos excepcionales puede tener una pendiente de 2:3, osea de 60~.



**Figura 2. Estabilización y consolidación de suelo por sistemas de enraizamiento vegetal (Palmeri et al., 2002).**



Todas las estacas necesitan cuando menos un período vegetativo para enraizar eficazmente y a veces mas de un periodo. Por ello, por seguridad no conviene dejar las estacas o material objetivo cubiertas con mas del 75% de su propia longitud (Palmeri et al., 2002).

#### 4.6. Susceptibilidad de los suelos a erosionarse

Ante la actuación de los mismos agentes erosivos no todo los suelos se ven alterados en la misma manera. La susceptibilidad de un suelo a sufrir erosión se mide a través de un coeficiente que depende de la textura del suelo y la longitud e inclinación del talud. Según *Godman* et al (1986), este elemento tiende a tomar valores crecientes, que fueron generados en 1965 por *Wischmeier* y *Smith* a través de la siguiente función:

**Factor de Longitud de Talud= L.S.=**  $[65.41 \frac{S^2}{S^2+10,000} + \frac{4.56.S}{(S^2+10,000)^2} + 0.065]^m$   $[\frac{1}{72.5}]^m$ , donde *l*: longitud del talud en pies, *s*: inclinación del talud y *m*: exponente que depende de la inclinación del talud con los valores:

0.2 para taludes < 1%

0.3 para taludes

entre el 1 y el 3%

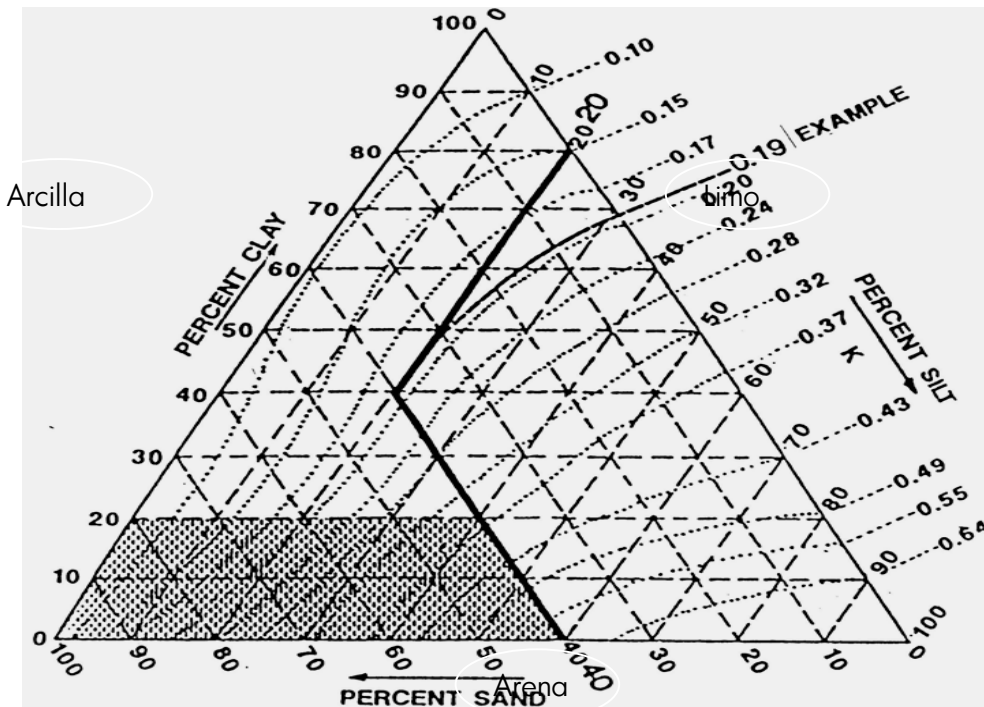
0.4 para taludes entre 3.5 y 4.5 %

0.5 para taludes > 5%. Con ello, al incrementarse la pendiente también lo hace el movimiento de las particular de suelo y por ende el Valor de L.S. se triplica.





**Figura 3. Triángulo referencia con valores de Wischmeier y Smith et al., (1965), para determinar la susceptibilidad de suelo a la erosión (López et al., 2002).**



Existen también otros índices relacionados con el cálculo de la susceptibilidad a la erosión como son el coeficiente de dispersión ( $C_d$ ), la relación entre coloides y equivalente de humedad ( $C_r$ ), coeficiente de erosión ( $C_e$ ), coeficiente ( $C_s$ ), etc. Estos se encuentran definidos en distintas bibliografías relacionadas con la erosión en suelo, y permiten establecer, en función de su valor, la facilidad de un suelo a ser erosionado.

$C_d = \% \text{ (limo + arcilla) sin dispersarse} / \% \text{ (limo + arcilla) dispersada} * 100$ ;  $>15$  fácilmente erosionable.

$C_r = \% \text{ coloides} / \text{Equivalente de humedad}$ ;  $>1,5$  fácilmente erosionable.

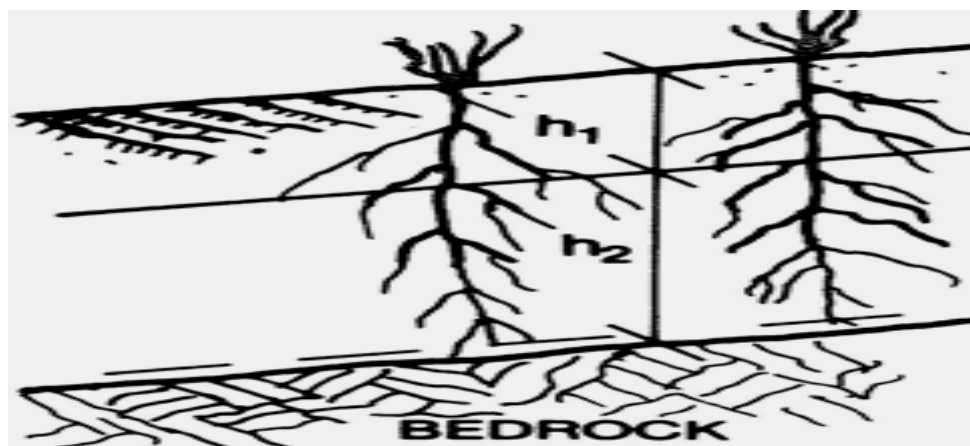
$C_e = C_d / C_r$ ;  $>10$  erosionable

$C_s = \text{superficie específica en cm}^2 / \text{gr.}, \text{ de partículas } \phi \text{ entre } 0.05 \text{ y } 2\text{mm} / \% \text{ limo y arcilla en suelo dispersado menos en suelo no dispersado.}$

Es por eso que se recurrir a una gama de especies de plantas en la estabilización de suelos es muy importante, algunas hierbas pueden tener raíces con longitudes de 0.5 – 0.75 m y hasta 1.5 m en un solo período.



**Figura 4. Sistema de raíces al tocar en interior duro del suelo incrementan al máximo la fuerza de resistencia ( $\text{kg/m}^2$ ) al corte por movimiento de masa o exceso de agua (López et al., 2002).**



El refuerzo con *fibras sintéticas* y *material orgánico* incrementa junto a las plantas la velocidad de consolidación de taludes, haciendo con ello más eficaz el empleo de esta disciplina (López Gimeno., Fariñas., Gómez., García & Llopis. 2002). El incremento de la erosión conlleva a la caída de los taludes o suelos con pendientes crecientes en zonas donde la vegetación es muy escasa.

#### 4.7. Pautas que encausan al éxito

Prácticamente el éxito en los resultados de las técnicas, consisten en el desarrollo de investigaciones científicas sobre plantas locales aptos para objetivos proyectables, que se involucre una mano de obra diversa. Comprometer diversos sectores sociales (Técnicos, Obreros, Ingenieros, Licenciados, Estudiantes, Pobladores locales, Sector Privado, ONGs, Entes del Estado Local y Central, etc...). que desde el punto de vista económico es de gran importancia para el uso de la mano de obra local, en vez de tecnologías costosas y sofisticadas. Más aún esto favorece la participación y el consenso de los comunitarios aledaños al lugar objeto, lo que se traduce en ahorros considerables, sobre todo en países en vías de desarrollo es muy positivo.

De hecho las adecuaciones mismas de la **I.N**, que prevé el uso de profesiones relacionadas con diferentes disciplinas hace indispensable la colaboración con:

- Las universidades (Particularmente las Facultades de Biología y Botánica, Geología, Agronomía e Ingenierías).
- Entes encargados de la tutela del territorio, para el intercambio de información, la puesta en marcha de las experimentaciones necesarias y la realización de intervenciones.



El aporte eventual de riego en momento de baja humedad, necesaria para la sobrevivencia de las plantas y el establecimiento definitivo es fructífero.

**Figura 5. Aporte de agua por riegos eventuales en período de sequedad** (Castro et al. 2006).



#### 4.8. Ingeniería Naturalística en Nicaragua

Desde el año 2001, en Centroamérica se han venido haciendo algunas obras importantes, en caso particular de Nicaragua desde el año 2002, gracias a una misión en la Ciudad de León, efectuada por el Ingeniero Alessandro Petrone, en representación por la Cooperación de Gobierno de la Región Toscana y Livorno y la Universidad de Florencia (Italia), en conjunto con el Gobierno de la municipal de León, se han desarrollado varias obras, incluso en otras partes del país, en caso específico siete comunidades aledañas al “Cerro Musúm” en el Municipio de Río Blanco (Matagalpa) fueron beneficiadas con obras de Consolidación y revestimiento en el 2006 (Petrone & Pretti, 2005). Desde ese tiempo se han dispuesto de plantas en estos trabajos, tales como:

- Madero negro (*Gliricidia sepium*).
- Tigüilote (*Cordia dentata*).
- Tempate (*Jatropha curcas*).
- Jiñocuabo (*Bursera simaruba*).

Tres de ellas obtuvieron comportamientos satisfactorios, ya que son mas comunes localmente y por ello resultaron idóneas debido a su rápido crecimiento vegetativo. Una herramienta muy importante, es conocer los usos locales de las especies con las que se esta tratando (Petrone & Arcudi, 2008).





#### **4.9. Ingeniería Naturalística en León**

Desde el año 2002, en la ciudad se han desarrollado algunos proyectos con fondos provenientes de Italia en coordinación con la Municipalidad, cuyos trabajos no han sido evaluados y mucho menos reportados desde el punto de vista científico localmente. En el 2003, se estableció con la UNAN-León un enlace de colaboración, para que estos trabajos sean evaluados y se genere información que se retome en futuros trabajos (Petrone & Petri, 2005).

En el Marco de cooperación la perspectiva es, que a nivel local y nacional se apropien de las técnicas para mitigar los problemas amenazantes de erosión, provocados por cualquier factor.

#### **4.10. Situación Meteorológica del Municipio**

Desde 1892 hasta 2006, fenómenos meteorológicos originados en el Mar Caribe y el Pacífico han afectado el territorio nacional, entre ellos depresiones, tormentas tropicales y huracanes (OPS, 2007). El municipio cuenta con 163.00 habitantes hasta el 2003. Ciudad ubicada en 12° 43' Lat N y 86° 89' Long Oeste, distando a 7 km de Managua (Capital) y 15 km de la costa del océano Pacífico.

##### **4.10.1. Acumulado de Precipitación Anual**

Las precipitaciones a nivel nacional varían de menos de 800 mm en las zonas más secas a más 5,000 mm en la zona más húmeda (Centroamérica con abundantes recursos hídricos reporta un promedio de lluvia anual 2,400 mm, esto duplica la media mundial, pero su distribución espacial y estacional es muy desigual). En la Región del Pacífico la precipitación promedio anual oscila entre 1,385 – 1,625 mm. En la mitad del período lluvioso de julio - agosto, se manifiesta un mínimo estival conocido popularmente como “Canícula” (ver anexo 6). El período canicular es bien marcado, principalmente en el Pacífico, la región Norte y en la parte Noroeste de la Región Central, iniciándose generalmente en la tercera decena de julio y finalizando en la segunda decena de agosto (INETER, 2004). Existen localidades críticas a nivel nacional, donde la duración del período canicular se extiende algunas veces hasta los 8 y 10 días más de lo normal (Llano de Sébaco, Zona Norte del Lago de Managua, Malpaisillo, Nagarote, León, San Francisco del Carnicero, etc...). Desde el 1971-2002, el departamento de León ha experimentado valores promedios de 1,592 mm con algunas variantes hasta el 2006 por efecto del cambio climático.

##### **4.10.2. Temperatura**

La Temperatura promedio oscila alrededor de 27.4 °C.

##### **4.10.3. Humedad Relativa**

La Humedad Relativa en el suelo oscila en aproximado de 76(%).



#### **4.10.4. Velocidad del Viento**

La Velocidad del Viento se estima alrededor de 1.8 m/seg., con ciertas variaciones temporales debido a efectos ciclónicos y tormentas tropicales (INETER, 2007)(*ver Anexo 5*).

#### **4.10.5. Tipo de Suelo**

De los tipos predominantes (molisoles, inceptisoles, aldisoles, ultisoles, vertisoles, entisoles, histosoles entre otros.) en el país, los vertisoles predominan en la parte baja del pacífico, uno de los mejores de Centroamérica dada la textura, con buena vocación productiva, originados a partir de cenizas volcánicas, son suelos francos que optimizan la retención de humedad y facilita el buen arraigo de los cultivos (SIMAS, 2004). Desde el punto de vista edafológico del suelo del departamento de León, las proporciones de materia orgánica y de carbono son muy reservadas para la actualidad, sólo en 1984 se habían reportado valores diferentes desde los más bajos (0.62%) hasta los más altos (7.24%) tanto para zonas cultivadas como no cultivadas (Berríos., Castellón & Díaz, 1984). La ciudad presenta suelo franco a franco limoso y franco arcillosos en ciertas zonas que la califican como buenas para el agro y actividades cultivares, con una profundidad bastante estable.

### **4.11. Situación Ambiental**

Desde el punto de vista económico el agro representa alrededor del 60% de la sustentabilidad, apoyado por el sector industrial y/o empresarial e institucional, este último es el motor de muchos proyectos con fondos de ONGs en coordinación con entes locales.

Desde el punto de vista ambiental, el municipio al igual que otros del occidente, han experimentado cambios considerables en materia de perturbación de ecosistemas debido no solo a la extracción de flora y fauna, sino también por quemas incidentales de bosques y crecimiento urbano.

En caso particular de departamento de León, según reporte de las Naciones Unidas del 2002, ubica esta zona en estado de desertificación, como resultado de muchas acciones del agro sin previo estudio en las décadas pasadas, resultando la desaparición de vertientes de agua dulce y con ello la desaparición y migración de fauna. (Convención de las Naciones Unidas, 2002). En los 80s, IRENA estableció 112 Km de cortinas rompe viento al este de la ciudad de estos actualmente han sido mermados significativamente a 63 Km, los bosques riparios consecutivamente se han convertido en el último potencial extractivo y atractivo, esto impacta progresivamente en la indefensión ante los desastres naturales, con ello resulta más difícil atender a las necesidades sociales ante futuras problemáticas por efectos ambientales, que deberían ser atendidos preventivamente para reducir los riesgos de deterioro ambiental rural y urbano (Aguirre et al., 2000). León es uno de los lugares donde se ha detectado la mayor contaminación por plaguicidas organoclorados entre otros y en segundo lugar Chinandega (MARENA, 2001). El detrimento de los



suelos y las lluvias irregulares ineludiblemente se tornan en un elemento negativo socioeconómico.

#### **4.12. Estado del Río Chiquito**

Con una longitud de 3.5 kilómetros de Este a Oeste, atraviesa siete puentes en la zona urbana (ver anexo 14). Desde los 70s, con el auge del algodón y el crecimiento de la población urbana, los gobiernos locales facilitaron la caída de aguas residuales en el caudal, que entonces contaba con varios vertientes de agua dulce que era hábitat de peces y crustáceos, cuyo río servía además como abrevadero de ganado de algunas fincas en la parte baja.

Al margen operan seis tenerías y una industria de jabón, que vierten residuos tóxicos, y recibe otra cantidad incalculable procedente de los domicilios que no tienen conexiones aguas negras. El huracán Mitch en 1999, causó graves daños, cuyo caudal se desbordó, arrastrando varias viviendas, vegetación y obras, que habían sido construidas como parte de la inversión y recuperación del caudal. La Universidad de Florencia, Italia, y fondos de la Región Toscana en el 2002, después de un estudio sobre riesgos y deslizamientos en la ribera hizo una demostración en muros con mallas de contención y materiales vivos plantas y madera que permitía retener la tierra ante cualquier crecida. Las condiciones de contaminación se convierte en un creciente riesgo para la vida animal (Entomofauna, Avifauna, Reptiles, Microbiota) y vegetal (Superior e Inferior) que ya es muy escasa (Ferry et al., 1984).

##### **4.12.1. Biodiversidad**

La contaminación y la deforestación son los elementos mas negativos para la subsistencia de la biodiversidad (comunidades, especies y genes), sin embargo debe lidiar con ello, hasta donde sus facultades biológicas se lo permitan.

##### **4.12.1.2. Fauna**

En los casi extintos restos de bosque riparios puede observarse aves: *Icterus sp.* (Chichiltote), *Columbina inca* (Paloma coliblanca), *Columbina passerina* (Tortolita común), *Catharus sp.* (Zorzal), *Columbina talpacoti* (San nicolas), *Crotophaga sulcirostris* (Pijul), *Myarchus sp.* (Guis crestipardo), *Nyctidromus albicollis* (Pocoyo), *Pitangus sulphuratus* (Guís común), *Quiscalus mexicanus* (Zanate) entre otros. Reptiles como: *Ctenosaura similis* (Garrobo negro), culebras, Lagartijas y Mamíferos tales como Murciélagos (*Carollinae* y *Glossophaginae*) y ratones (Muridae). Estos organismos y otros invertebrados terrestres son vistos con menos frecuencia, debido a la contaminación y estrangulamiento de su hábitat. La fauna acuidulce ya está desaparecida en caso específico de *Poecilidos* (Bubuchas), *Gobiomorus sp.*, (Guabina), *Melaniris sardina* y crustáceos (Macrobrachium) (<http://www.laprensa.com.ni/archivo/2005/julio/24/mosaico/mosaico-20050724-01.html>).



#### 4.12.1.3. Flora

Existen rastros de lo que una vez fue un vigoroso bosque ripario, con árboles como: *Albizia samans* (Genízaro), *Cordia dentata* (Tigüilote), *Cordia alliodora* (Laurel), *Ceiba pentandra* (Ceiba), *Acacia collinsii* (Cornizuelo), *Guasuma hulmifolia* (Gausimo ternero), *Luehea candida* (Guasimo molenillo), *Cecropia peltata* (Guarumo), *Ceiba pentandra* (Ceiba), *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste negro), *Carica papaya* (Papaya montera), *Sterculia apetala* (Panama), *Hymenaea courbaril* (Guapinol), *Brosimum alicastrum* (Ojoche), *Bursera simarouba* (Jiñocuabo), y otros árboles que se hacen acompañar de arbustos, hierbas, bromelias, orquídeas, líquenes y helechos que colaboran en función integral de un ecosistema muy deteriorado. En la parte media del río el CIMAC (Centro de Iniciativa Medio Ambiental de la Ciudad) conserva una porción (2 Manzanas) de lo que una vez fue un saludable ecosistema ripario (<http://www.laprensa.com.ni/archivo/2005/julio/24/mosaico/mosaico-20050724-01.html>).

Desde el punto de vista legal, conforme al decreto *Decreto No. 45-93* para la Ley General del Medio Ambiente, aprobado el 15 de Octubre de 1993, en su *Artículo 50*. Prohíbe cualquier actividad a menos de los 200 metros de las riberas de manantiales, ríos, lagunas y estanques de carácter permanente, esto indica que toda actividad que no promueva la mejora ambiental al margen del Río Chiquito es ilícita, ya que no abonan en nada positivo al ecosistema ([http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/B1FB5820CBDE739B06257139005F0216?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/B1FB5820CBDE739B06257139005F0216?OpenDocument)).

### 4.13. Caracterización Taxonómica de las Especies

#### 4.13.1. *Cordia dentata* Poir., (Tigüilote)

Familia: Boraginaceae

**4.13.1.1. Descripción Botánica:** Arbustos o árboles hasta 7 (10) m de alto, ramitas puberulentas a casi glabras; plantas hermafroditas. Hojas semidecíduas, elípticas a ampliamente elípticas u ovadas, 4.61cm de largo y 3.16cm de ancho, ápice obtuso, base obtusa a redondeada, márgenes enteros o ligeramente denticulados, estrigulosas a escabrosas en la haz, casi glabras a puberulentas con densos penachos de tricomas crespos en las axilas de los nervios principales del envés; pecíolos 82 mm de largo. Inflorescencias cimoso-paniculadas, terminales, 152cm de ancho; flores distales y sésiles; cáliz campanulado, 33.8 mm de largo, circuncésil e irregularmente partido, 10 (12)-acostillado; corola campanulada, 912 mm de largo, amarilla a casi blanca, 5 (6)-lobada, los lobos ovado-deprimidos; estambres 5 (6), filamentos 4.79.4 mm de largo, puberulentos en el punto de inserción, anteras elipsoides a oblongas, 1.21mm de largo; ovario elipsoide a globoso, 11.5 mm de largo, estilo 3.55.3 mm de largo, estigmas claviformes. Fruto drupáceo, blanco translúcido, portado en el cáliz acetabuliforme; hueso elipsoide, más o menos asimétrico, 8.911 mm de largo.

**4.13.1.2. Distribución:** Común, en bosques caducifolios, en todas las zonas del país florece



durante todo el año, se le encuentra desde México hasta el norte de Sudamérica, también en las Antillas.

**4.13.1.3. Usos:** Cultivada frecuentemente por sus atractivas flores amarillas y por sus frutos comestibles, de alto valor agronómico por su capacidad de reproducción vegetativa y tolerancia a las sequías. Se utiliza como postes productivos en cercas, siendo buen productor de leña y de forrajeo, además de ser una especie de alto valor ecológico, ya que sus frutos son fuente de alimento para muchas especies de aves y otros animales.

#### **4.13.2. *Salix humboldtiana* Willd., (Sauce llorón)**

Familia: Salicaceae

**4.13.2.1. Descripción Botánica:** Árboles o arbustos, 4-15 m de alto, corteza profundamente acanalada; ramas delgadas, flexuosas, puberulentas, con la corteza rojiza al secarse, ramitas jóvenes amarillentas al secarse; plantas dioicas. Hojas linear-lanceoladas, 4-15 cm de largo y 0.4-1 cm de ancho, ápice atenuado a agudo, base aguda a angostamente cuneada, márgenes serrulados, pilosas cuando jóvenes, glabras con la edad; pecíolos 3-7 mm de largo, acanalados en su parte adaxial, estípulas caducas. Inflorescencias 2-5 cm de largo, el raquis piloso o glabro; flores estaminadas con 3-5 (7) estambres; flores pistiladas, estipitadas, el estípito 1-1.5 mm de largo, ovario angostamente elipsoide. Fruto ovoide a elipsoide, ca 3 mm de largo, 2-valvado, glabro; semillas numerosas, ca 1 mm de largo.

**4.13.2.2. Distribución:** Florece durante todo el año, se le encuentra en México y Belice hasta Chile y Argentina. Un género con aproximadamente 30 especies, mayormente distribuidas en las regiones templadas del hemisferio norte. Según Schneider el nombre *S. chilensis* Molina, es ambiguo y probablemente se aplique a una planta de otra familia. Nativa de Eurasia, es cultivada en Nicaragua generalmente en suelos abnegados. Fue tratada como *S. chilensis* en la Flora of Guatemala.

**4.13.2.3. Usos:** Comúnmente cultivada, en bosques de galería, márgenes de ríos y bancos de arena o en suelos abnegados en todas las zonas del país, esta planta se utiliza mayormente como leña ya que su madera al secarse es muy hebrosa.

#### **4.13.3. *Lantana urticifolia* Mill., (Cuasquito)**

Familia: Verbenaceae

**4.13.3.1. Descripción Botánica:** Arbustos bajos o hierbas hasta 3 m de alto, generalmente con algunas espinas recurvadas y/o (en las partes jóvenes) con tricomas glandulares perpendiculares, cortos, a veces también con tricomas hispídicos, aromáticos. Hojas opuestas, ovadas o lanceoladas, 2-10 (-12) cm de largo y 1.2-7.5 cm de ancho, ápice agudo o acuminado (raramente redondeado u obtuso), base truncada o redondeada (obtus), luego estrechándose y extendiéndose, envés



tomentoso con una cubierta densa de tricomas finos cortos, erectos a arqueados y enmarañados, sin glándulas sésiles o si las hay, son inconspicuas y verdes, membranáceas (cartáceas). Inflorescencias con brácteas inferiores generalmente subuladas, 4–8 (–10) mm de largo y 1–2.5 mm de ancho, ápice agudo, brácteas superiores con ápice agudo, márgenes ciliados, pubescencia variada (a menudo punteado-glandular), membranáceas; corola roja, anaranjada, amarilla, anaranjada con lila, raramente blanca o morado obscura con anaranjado pálido, tubo 4.5–8.5 mm de largo. Infructescencia raramente completa en las colecciones secas, subglobosa, ca 1–1.5 cm de diámetro; fruto globoso, 2.5–5.5 mm de diámetro.

**4.13.3.2. Distribución:** común en bosques secos, bosques húmedos y áreas alteradas, en todas las zonas del país; 0–1000 (–1350) msnm; florece y fructifica todo el año; se le encuentra desde México a Argentina y en las Antillas.

**4.13.3.3. Usos:** según Márquez et al. (1999), estas plantas son utilizadas por algunos curanderos, el Té de hojas y raíces es útil contra las amibas, diarreas, vómitos, dolor hepáticos y de muelas, las flores fermentadas en alcohol curan el reumatismo ( ),. Agronómicamente importante, considerada como maleza de los cultivos y toxica para el ganado debido al alcaloide *lantánina*, ecológicamente importante para muchos insectos por el polen y néctar de sus flores (Mondragón et al., 2005).

#### **4.13.4. *Spondias purpurea* L., (Jocote casero)**

Familia: Anacardiaceae

**4.13.4.1. Descripción Botánica:** Árboles pequeños, 3–15 m de alto y hasta 50 cm de ancho, corteza exterior gris-rosada, lisa u ornamentada con proyecciones espinosas, suberosas, corteza interna blanquecina con líneas cafés, exudado espeso y claro, tricomas crespos, 0.1–0.2 mm de largo, blanquecinos. Hojas 6–28 cm de largo, 5–27-folioladas; folíolos elípticos, ovados a obovados o lanceolados a oblanceolados, generalmente asimétricos, 3–6 cm de largo y 1–2.5 cm de ancho, ápice obtuso a agudo, a veces retuso, acumen mucronado, base cuneada o atenuada, oblicua, margen entero a uncinado-serrulado hacia el ápice, haz glabra excepto el nervio principal escasa a densamente pubescente, envés glabro excepto la porción basal del nervio principal escasamente pubescente, cartáceos, nervio principal apenas prominente en la haz, aplanado a apenas prominente en el envés, 5–15 pares de nervios secundarios, aplanados a apenas prominentes en ambas superficies; pecíolo 2–5.2 cm de largo, glabro a escasamente pubescente, raquis 8–20 cm de largo, glabro a densamente pubescente, peciólulos pubescentes, los laterales 0.3 mm de largo, el terminal hasta 15 mm de largo. Inflorescencias axilares de pocas flores, 1–10 cm de largo, desarrollándose antes del brote de las hojas, glabras a escasamente pubescentes, brácteas y bractéolas lanceoladas a ovadas, 0.5–1.5 mm de largo, pedicelo 0.5–1.5 mm de largo; sépalos imbricados en yema, redondeados a ovados, 0.8–1.2 mm de largo, margen ciliado; pétalos estrechamente ovados u oblongos, 2.5–3.5 mm de largo, apicalmente acumulados,





rosados a rojo oscuros, a veces anaranjados; filamentos marcadamente desiguales, los antisépalos más largos que los antipétalos, 1.3–2.2 mm de largo, anteras 0.6–0.7 mm de largo; pistilo ca 2.3 mm de largo, ovario subgloboso, estigmas aplanados, capitados. Fruto oblongo-obovoide o subgloboso, 1.8–3.2 cm de largo (seco), generalmente rojo, a veces anaranjado o amarillo cuando maduro.

**4.13.4.2. Distribución:** Muy común, bosques secos y cultivada, en todo el país; 0–1400 msnm; florece y fructifica de enero a Mayo, probablemente nativa desde México al suroeste de Ecuador, cultivada o introducida en toda América tropical, partes de África y sureste de Asia. "Jocote".

**4.13.4.3. Usos:** La decocción astringente de la corteza se usa como remedio para la sarna, úlceras, disentería y para hinchazón causado por gas intestinal en bebés. El jugo de las hojas frescas es un remedio para úlceras y la decocción de hojas o la corteza se usa para la fiebre. El uso más habitual de esta especie es como fruta para consumo humano local y para suplir mercados locales. Además se utiliza en cercas vivas, en huertos caseros, potreros y en asocio con cultivos perennes, es una planta muy importante un árbol adulto puede llegar a producir más de 50 kg. de fruta por año y una estaca puede fructificar a los 2 o 3 años, en años posteriores se recomienda realizar podas de las ramas para promover la producción de ramaje (Jiménez, 1999).

#### **4.13.5. *Plumeria rubra* L., (Flor de sacuanjoche)**

Familia: Apocynaceae

**4.13.5.1. Descripción Botánica:** Arbustos o árboles hasta 15 m de alto, con ramas gruesas y látex lechoso. Hojas alternas, agrupadas en los ápices de las ramas, obovadas a oblongo-elípticas, 10–35 cm de largo y 3–13 cm de ancho, ápice agudo, base obtusa, variablemente pubérulas en el envés, especialmente cerca del nervio principal. Inflorescencia corimboso-paniculada, las flores blancas (rojas, rosadas o amarillas en las formas cultivadas); sépalos triangular-ovados, 1–2 mm de largo, obtusos; corola hipocrateriforme, tubo 1–2.5 cm de largo, los lobos ampliamente redondeados 2.5–5 cm de largo; anteras no conniventes; ovario apocárpico. Folículos en pares pero frecuentemente sólo 1 se desarrolla, 12–30 cm de largo y hasta 2–3 cm de ancho, tornándose aplanados en la dehiscencia, leñosos; semillas numerosas, secas, planas, ampliamente aladas en 1 lado.

**4.13.5.2. Distribución:** Común en bosques secos, especialmente en áreas rocosas, afloramientos rocosos, en todo el país; 0–1360 msnm; florece todo el año; se le encuentra México a Panamá y norte de Venezuela, también en las Antillas. Un género con 6 especies, mayormente en las Antillas; 1 especie antillana se extiende hasta Yucatán y sólo 2 otras especies se encuentran desde Panamá hasta Venezuela (1 hasta Guyana) y posiblemente Martinica. "Sacuanjoche".

**4.13.5.3. Usos:** Se le cultiva como planta ornamental generalmente por esquejes o estacas, por su producción de látex, es un potencial para hacer chicle, las flores se comen cocidas con azúcar, en



Estados Unidos es fuente de aceites, lociones y burbujas para el baño. El jugo cáustico lechoso que mana del tronco es venenoso y toda la planta contiene alcaloides que actúan como estimulantes cardíacos pero no han sido bien estudiados.

#### **4.13.6. *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., (Caraña)**

Familia: Burseraceae

**4.13.6.1. Descripción Botánica:** Árboles, 2–20 m de alto, corteza lisa, gris a café-rojiza, no exfoliante. Hojas una vez pinnadas, hasta 19.5 cm de largo y 15 cm de ancho, tomentosas, raquis alado; folíolos 5–13 (–17), ovalados a obovados, ápice agudo u obtuso, crenados, mucho más claros en el envés que en la haz. Panículas 3.5–15 cm de largo (hasta 10.5 cm de largo cuando en fruto); sépalos 4, 2/3 a casi tan largos como los pétalos; pétalos 4, 3–5 mm de largo. Frutos subglobosos o elipsoides (obovoides), 7–11 (–15) mm de largo, 2-valvados, cafés al madurar.

**4.13.6.2. Distribución:** Común, en bosques secos en la zona norcentral hasta Chontales; 40–1300 msnm; florece desde enero hasta julio, fructificando desde junio a noviembre. Se le encuentra desde Nicaragua a Colombia y Venezuela. El material colectado en flor sin hojas se puede diferenciar de *B. diversifolia* por sus flores más grandes.

**4.13.6.3. Usos:** Se le usa como cercos vivos, cultivado en los jardines como plantas medicinal, la corteza contiene gran cantidad de resinas, esta se recolecta en guacales de jícaro y se venden en los mercados locales para combatir el dolor de oído y el resfriado.

#### **4.13.7. *Gliricidia sepium* (Jacq.). Kunth ex Walp., (Madero negro/Madriado).**

Familia: Fabaceae

**4.13.7.1. Descripción Botánica:** Árboles pequeños a medianos, hasta 12 (–20) m de alto, inermes; ramas puberulentas. Hojas alternas a ocasionalmente sub-opuestas, imparipinnadas, hasta ca 30 cm de largo; folíolos 5–20, generalmente opuestos, ocasionalmente alternos, ovados o elípticos, 2–7 cm de largo y 1–3 cm de ancho, haz glabra, envés escasamente pubescente y casi siempre con manchas moradas al secarse enteros, estípetas ausentes; estípulas diminutas. Inflorescencias racemosas, comúnmente en brotes cortos, racimos agrupados en los brotes viejos, 5–10 cm de largo, cada uno densamente florecido, pedicelos 5–10 mm de largo, brácteas 1 mm de largo, deciduas; cáliz 4–5 mm de largo, a veces con 5 dientes cortos, glabro; pétalos 5, todos casi de la misma longitud, 1.5–2 cm de largo, libres excepto por los pétalos de la quilla que se encuentran basamente connados, rosados, estandarte redondeado, ca 20 mm de largo y 5 mm de ancho, casi erecto debido a la reflexión desde el punto medio; estambres 10 o más, diadelfos, el vexilar libre; estigma capitado. Legumbres 10–15 cm de largo (excluyendo el estípite) y 2 cm de ancho, dehiscentes, aplanadas, no septadas, las valvas duras y comúnmente torcidas en la dehiscencia, verdes, a veces matizadas de morado-rojizo cuando inmaduras, café-amarillento claras cuando maduras, estípite extendido 1 cm del cáliz, éste cupuliforme y persistente, superficie





opaca, glabra, arrugada, valvas algo leñosas; semillas 4–10, hasta 10 mm de largo, café-amarillentas a café-rojizo oscuras.

**4.13.7.2. Distribución:** Cultivada en todo el país, pero probablemente nativa en bosques deciduos secos de la zona pacífica; 0–1000 msnm; florece entre diciembre y febrero, fructifica entre marzo y abril. Presente desde México a Panamá. Género con 3 especies distribuidas desde México hasta Sudamérica, recientemente revisado por Lavin y Sousa quienes lo ubicaron con el grupo informal *Gliricidia* junto con *Hybosema* y *Poitea*. "Madero".

**4.13.7.3. Usos:** Es un árbol muy apreciado como cerco vivo o árbol de sombra en las plantaciones de cacao y cafetales, fácilmente propagado por estacas, usado como combustible, postes y material de construcción. Las hojas, la corteza y las semillas en polvo se emplean como veneno para ratas; las hojas son fuente de forraje para cabras, ovejas y ganado vacuno pero son tóxicas para los caballos. Las hojas frescas se usan para tratar problemas de la piel, las flores son una fuente de néctar de alta calidad para las abejas y en algunas comunidades acostumbran comerlas fritas. Actualmente es estudiada en varios países como fuente de abono verde (Steven et al, 2001).

## **4.14. Generalidades de Ecofisiología**

### **4.14.1. El agua**

Es el componente químico más abundante en la naturaleza y en todos los tejidos vivos, en las células vegetales y tejidos activos alcanza entre 85 y 95 por cien en peso. En los procesos fotoquímicos se utilizan tan solo 0.01% del total en uso por la planta. El agua constituye aproximadamente el 80-90% en peso fresco en plantas herbáceas y más del 50% en las leñosas (Barceló et al., 2005).

### **4.14.2. Disponibilidad de agua en el suelo**

El agua es el componente químico que más utilizan los seres vivos, la mayor cantidad que el suelo puede almacenar y poner a disposición de las plantas es en torno al 70% de la cantidad de agua representada por el **IHD** (*Intervalo de Humedad Disponible*), o mientras la Capacidad de campo no sea superada, mientras tanto la disponibilidad de agua es afectada por la composición y estructuración misma del suelo, pero también influenciada por las condiciones meteorológicas.

### **4.14.3. Sequías**

Esta es una de las limitantes ambientales transitorias extremas, al que más frecuentemente se ven sometidas las plantas, la deficiencia de agua obliga a las plantas a detener su crecimiento, disminuir su producción y perder sus hojas, mientras se restablecen las condiciones ambientales. Algunas plantas escapan a la sequía minimizando sus procesos vitales y optimizando su condición fenológica de acuerdo a los pormayores ambientales (ajuste osmótico).



#### 4.14.4. La pérdida de agua

La transpiración es un mal inevitable como consecuencia del intercambio gaseoso por el cual las plantas pierden agua en estado de vapor, además de ser proporcional a la humedad en el suelo. Cuando más alto es la  $[CO_2]$  en el aire los estomas tienden a cerrarse y la pérdida del agua es evitada, pero este mecanismo no es constante ya que si se cerraran por un tiempo prolongado algunos fluidos tenderían a acidificarse desencadenando dificultades bioquímicas en ciertos procesos en plantas poco adaptadas. Además, es necesario perder agua, ya que es un mecanismo de refrescamiento interno. Cerca del 98% del agua que una planta absorbe se pierde por transpiración y solo un aproximado a 1% se emplea en todos los procesos vitales, la mayor parte por las hojas y una pequeña parte por las lenticelas del tallo.

#### 4.14.5. Temperaturas extremas

Las altas o bajas temperaturas producen un efecto conocido como *estrés térmico*, esto hace disminuir su crecimiento y problemas fisiológicos (bioquímicos), que pueden convertirse en un peligro para la vida de las plantas.

#### 4.14.6. Acidez del Suelo

La acidez o alcalinidad puede afectar la asimilación de nutrientes para la planta, el incremento de protones, de hidrogeniones o de compuestos ácidos (Nitrógeno amoniacal, ácido fosfórico, etc...) o alcalinidad excesiva en el suelo, es capaz de provocar el declinamiento de muchas especies en un ecosistema dado, sobre todo aquellas no adaptadas a esas condiciones de estrés severo. Aunque las raíces liberan  $H^+$  u  $OH^-$  para mantener la neutralidad eléctrica en sus superficies durante la absorción de los iones de los nutrientes, las reacciones de intercambio sobre las arcillas y la materia orgánica eliminan el  $H^+$  de la solución a cambio de cationes básicos como el calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ) y potasio ( $K^+$ ), etc., y vuelven los suelos más ácidos. La respiración de la raíz y la actividad microbiana producen  $CO_2$  que es disuelto para producir ácido carbónico en la solución del suelo convirtiéndose en ácido débil que es disociado únicamente por encima de PH 5.

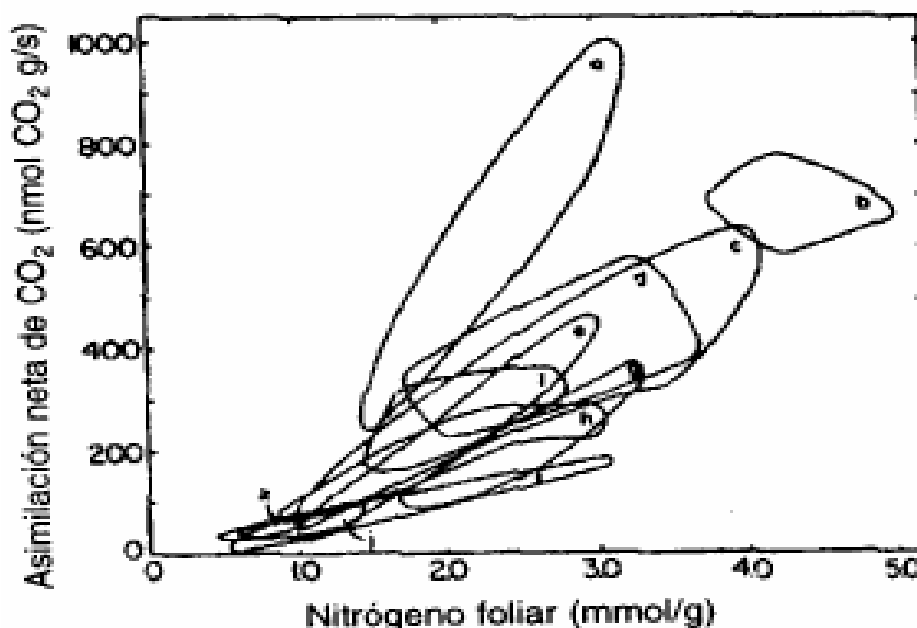
#### 4.14.7. Nutrición mineral

Se puede decir que el proceso de nutrición mineral, fundamentalmente es responsabilidad de los sistemas radicales de la planta, que se especializan en la absorción de agua y minerales por excelencia. Debido a la asociación casi universal con organismos de la rizosfera, las plantas son organismos dobles, los eventos fisiológicos observados en los tallos reflejan en muchos casos, el estado fisiológico de la relación simbiótica, así como otros tipos de relaciones interespecíficas subterráneas (alelopatía). Los recursos minerales limitados de una planta se invierten en actividades fisiológicas (Crecimiento y desarrollo, crecimiento reproductivo, defensa, etc...) que compiten entre sí y la forma en que estos recursos son administrados por las diferentes especies (o variedades), les determina la *supervivencia*, p. ej; el total de N de una hoja  $C_3$ , 23,5% es no cloroplástico, 19% invertido en captura de luz, 26% en la fijación enzimática de  $CO_2$ , 23% en procesos de biosíntesis y energéticos, y solo el 7% es N estructural. Y por lo tanto, la Tasa



*fotosintética* y su expresión final, o sea el crecimiento; es altamente dependiente de la concentración de N en las hojas.

**Figura 6. Asimilación de CO<sub>2</sub> en función del contenido de N foliar en diferentes especies C<sub>3</sub>** (Field & Mooney. 1986; citado por Gutiérrez et al., 1997).



Por eso el destino fisiológico de los diferentes minerales, especialmente los macronutrientes (C, H, O, N, y S, constituyentes mayoritarios de la materia orgánica, P, B y S, esterificados con alcoholes intracelularmente, K, Na, Mg, Ca, Mn y Cl, absorbidos como iones en solución del solum, Fe, Cu, Zn y Mo y Ni, absorbido como iones o quelatos) y micronutrientes o metales trazas en menor medida, dependen de la relación Fuente-Sumidero y la especificidad desempeñada para cada mineral como de la capacidad de almacenamiento de la planta (Reigosa., Pedrol & Sánchez, 2004).

#### 4.14.8. Absorción mineral por las raíces

La disponibilidad de nutrientes puede ser condicionada por propiedades físico-químicas del suelo mismo. La absorción depende si estos están en estado soluble o de la aptitud de estos para serlo, generalmente son absorbidos en estado aniónico, pero en realidad el intercambio es más catiónico, debido al predominio de cargas negativas superficiales en las micelas inorgánicas (arcilla) y orgánicas (humus). Son entonces, los pelos radiculares y en la epidermis radical ayudados por exudados (algunas plantas) que quelan y solubilizan los nutrientes para poder absorberlos y trasladarlos vía xilema principalmente. La regulación del *PH* exterior, potencial redox y la actividad microbiana son esenciales. La movilidad de nutrientes suelo-raíz ocurre por diferentes mecanismos: Difusión, Intercambio iónico, Transporte en masa producido por la transpiración e interceptación (Barceló et al., 2005).



#### **4.14.9. Estructura del Suelo**

La forma en como se organizan espacialmente las partículas de suelo, es un elemento muy determinante en la retención de humedad y de proveer nutrientes a las plantas, así mismo influyente en la distribución de especies. La proporción de arena, limo y arcilla y/o por su parte, limitan el éxito de las plantas en mayor o menor medida. Ya que esto desencadena propiedades fisicoquímicas muy importantes e incidentes en la fisiología vegetal, con ello ecosistemas muy cualitativos.

#### **4.14.10. Agentes Contaminantes**

En la naturaleza existen suelos con altos contenidos de algunos minerales en particular como: Zinc, Cobre, Hierro, Azufre, Calcio, Plomo y otros que en exceso pueden afectar todos los procesos normales en las plantas, las lluvias ácidas, herbicidas, depósitos de Mercurio industrial, Cromo y otras sustancias, producto de las malas maniobras del hombre, son elementos comunes que contaminan el suelo y los recursos hídricos de los ecosistemas hasta en su más mínima expresión.

#### **4.14.11. Altitud**

Una diversidad de especies vegetales tienen un rango de distribución bastante amplio, otras están restringidas a ciertos regímenes de temperatura. Esto es más bien una condición de aptitud genética, ya que las especies desde el punto evolutivo han sido el resultado de la selección natural a través del tiempo, en cuyo caso no todas las especies llegan a ser capaces de adecuarse a las fluctuaciones bruscas del ambiente y se restringen a determinadas zonas con altitudes que favorecen su supervivencia (Sitte et al., 2004).

#### **4.14.12. Luz Solar**

La luz es un factor muy influyente en procesos no solo de fotosíntesis, sino también en el comportamiento fenológico, que como fuente de energía también interviene en la formación de los vientos y de la temperatura. En los trópicos ha prosperado una biodiversidad sorprendente que está adaptada a variaciones mínimas de luz solar menos drásticas que en regiones cercanas a los polos.

#### **4.14.13. Patógenos, Depredadores y Simbiontes**

El efecto biótico en la vida de las plantas, ha sido desde siempre un elemento muy incidente, ya que a través de millones de años ha tenido de lidiar con una gama de barreras que en ocasiones han colaborado en la mejora natural, este es el caso de los depredadores y patógenos que en cierto han sido influyentes en las altas producciones o bien producción de sustancias de defensa y otros mecanismos en cierto sentido. Por otra parte los simbiontes que son organismos que funcionan en asociación benéfica, colaborando dinámicamente en diversos procesos vitales para



la plantas, se estima que alrededor del 95% de las plantas superiores establecen asociación mutualista con microbios (Bacterias y Hongos).

#### **4.15. Generalidades de Reproducción**

Además de la reproducción por semillas, las plantas también pueden propagarse vegetativamente, que consiste en el desprendimiento natural o artificial de partes de una planta, que son capaces de crecer hasta formar una nueva planta, semejante a la planta de la cual se desprendió.

##### **4.15.1. Propagación vegetativa artificial**

###### **4.15.1.1. Por estacas**

Las estacas son porciones vegetativas de la planta, como los tallos modificados (rizomas, tubérculos, cormos y bulbos), las hojas o las raíces. Se pueden hacer diversos tipos de estacas, que se clasifican de acuerdo con la parte de la planta de la cual proceden:

- a) - Estacas de raíz
- b) - Estacas de tallo
- c) - Estacas de hoja
- d) - Estacas con hoja y yema

**4.15.1.1.1. Estacas de Tallo:** Este es el tipo más importante de estacas y puede dividirse en cuatro grupos, de acuerdo con la naturaleza de la madera: *de madera dura, de madera semidura, de madera suave y herbácea*.

En la propagación por *estacas de tallo* se obtienen segmentos de ramas que contienen yemas terminales o laterales, con el objetivo de que al colocarlas en condiciones adecuadas produzcan raíces adventicias y, en consecuencia, plantas independientes. En trabajos con especies de alto valor forestal y agronómico suelen emplearse estimulantes para lograr un rápido arraigo.

El tipo de madera, momento de extracción de las estacas, la poca del año en que se obtengan, tipo de suelo y otros factores, pueden ser de mucha importancia para asegurar el enraizamiento satisfactorio y la sobrevivencia misma.

**4.15.1.1.2. Por acodo:** consiste en doblar una rama de una planta, enterrarla y cuando tenga raíces, separarla de la planta madre. La acodadura se diferencia de la estaca, en que la formación de las raíces ocurre antes y no después de la separación de la estaca de la planta origen.

**4.15.1.1.3. Por injerto:** consiste en introducir un fragmento de tallo a otra planta o de ponerlas en contacto, ambas de la misma especie (variedad) o género, pero generalmente de una variedad



diferente. Esto es posible debido a que las plantas pueden soldarse cuando están en íntimo contacto. Esta reproducción es ventajosa en el caso de los árboles frutales que al ser sembrados por semillas, o no dan frutos o tardan mucho tiempo en fructificar. Desde el punto de vista económico, la reproducción vegetativa requiere menos gastos y la cosecha es más rápida.

#### **4.15.1.2. Propagación *in vitro***

Este método se lleva a cabo en condiciones axénicas, implementando el uso de Stock de nutrientes, geles, hormonas, etc., que en condiciones controladas en poco tiempo se obtienen grandes cantidades de plántulas a partir de una pequeña cantidad de material vegetal vivo. Por sus condiciones de esterilidad ambiental y mano de obra especializada puede a veces resultar un poco costoso. Pero es una forma muy útil de obtener material sano y seguro, sin tener que sacrificar mucho material, lo que la convierte en una herramienta de alto valor ecológico.

### **4.16. Reguladores del crecimiento y del desarrollo**

#### **4.16.1. Las Fitohormonas**

Las fitohormonas son sustancias orgánicas de bajo peso molecular que se producen en zonas histológicas bien marcadas, por esa razón es posible encontrarse en mayor concentración en ciertas partes que en otras. Se presentan en bajas concentraciones ( $\leq 10^{-6}$  M), afectan la gran mayoría de procesos fisiológicos reproductivos, de desarrollo y del crecimiento. Así como las respuestas al medio en que se encuentran puede verse afectada por estas sustancias (expresión o supresión genética).

##### **4.16.1.1. Tipos y función**

**4.16.1.1.1. Auxinas:** son las más diversas, favorecen la elongación de la célula a través de procesos de relajación de la pared, se le encuentra en toda la planta, pero fundamentalmente en el tallo, su mayor concentración es en las regiones meristemáticas que están en crecimiento constante, los principales representantes del grupo de auxinas son; IBA (Ácido Indolbutírico), ANA (Ácido Naftalenacético), NOA (Ácido Naftoxiacético), IPA (Ácido Indolpropiónico), 2,4-DB (Ácido 2, 4 Diclorofenoxibutílico), 2,4, 5-T (Ácido 2,4,5 Triclorofenoxiacético), AIA ó IAA (Ácido indolacético). Principales funciones son:

**a).** Implicadas en el proceso de mitosis, de ahí que los órganos crecen al aumentar en número celular. **b).** Inhibe el desarrollo de yemas laterales. **c).** Promueve la iniciación de primordios radicales y formación de raíces en esquejes. **d).** Regula el crecimiento del fruto. **e).** Acelera procesos de floración. **f).** Retarda la caída de hojas y frutos.

**4.16.1.1.2. Giberelinas:** Existen varios tipos, siendo los más comunes: GA1, GA3, GA4, GA7 y



GA9.

Las funciones que llevan a cabo en la planta, se pueden resumir en los siguientes puntos: **a).** Incrementan el crecimiento en los tallos. **b).** Interrumpen el período de latencia de las semillas, haciéndolas germinar y movilizan las reservas en azúcares. **c).** Inducen la brotación de yemas. **d).** Promueven el desarrollo de los frutos. **e).** Estimulan la síntesis de RNAm (RNA mensajero).

**4.16.1.1.3. Citokininas:** Los diferentes tipos de Citokininas son; Zeatina, Kinetina y Benziladenina (BAP). Las citokininas se sintetizan en los meristemos apicales de las raíces, aunque también se producen en los tejidos embrionarios y en las frutas. Transporte en la planta por vía acropétala, desde el ápice de la raíz hasta los tallos, moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema.

#### **Funciones principales;**

1). Estimulan la división celular y el crecimiento. 2). Inhiben el desarrollo de raíces laterales. 3). Rompen la latencia de las yemas axilares. 4). Promueven la organogénesis en los callos celulares. 5). Retrasan la senescencia ó envejecimiento de los órganos vegetales. 6). Promueven la expansión celular en cotiledones y hojas. 7). Promueven el desarrollo de los cloroplastos.

**4.16.1.1.4. Acido abscísico:** Se trata de sesquiterpenoides relacionados con los esteroides y carotenoides. Este se sintetiza en las yemas. Funciones: 1). Promueve la latencia en yemas y semillas. 2). Inhibe la división celular. 3). Causa el cierre de los estomas. 4). Antagónico de las giberelinas.

**4.16.1.1.5. Etileno:** Hidrocarburo no saturado que responde a la fórmula  $CH_2=CH_2$ . Influye en la maduración de los frutos y es el único hormona en estado gas. Las funciones principales: 1). Promueve la maduración de los frutos. 2). Promueve la senescencia (envejecimiento). 3). Caída de las hojas.

**4.16.1.1.6. Otros fitoreguladores:** Existen otros compuestos orgánicos que son también regulan procesos fisiológicos, pero no son hormonas. Estas moléculas están encargadas de inducir expresiones génicas específicas que desencadenan una serie de respuestas, esto está relacionado con la concentración de las mismas.

**4.16.1.1.6.1. Poliaminas:** son compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, por su carácter policationico pueden formar complejos con otras moléculas polianiónicas (fosfolípidos, pectinas, ADN, proteínas, etc.). Según Guye et al., (1986); Evans y Malmberg, (1989); Faust y Wang, (1992); Bais y Ravishankar, (2002), las PA afectan la actividad celular, y por ende involucradas en una gama de procesos fisiológicos, abarcando el crecimiento y desarrollo hasta la protección contra el estrés biótico y abiótico (Mendoza & Rocha, 2002).

**4.16.1.1.6.2. Jasmonatos:** Al igual que sus derivados, se ven implicados en procesos de respuesta al estrés abiótico y el almacenamiento de nutrientes.





**4.16.1.1.6.3. Brasinolidos:** Estas son sustancias orgánicas del grupo de esteroides comúnmente llamados fitosteroides, que juegan un rol en el desarrollo de la planta.

**4.16.1.1.6.4. Oligosacarinas,** implicadas en mecanismos de defensa.

**4.16.1.1.6.5. Esteroides:** Con más de 20 tipos, funcionalmente análogos al colesterol animal, intermediarios de síntesis de productos estructurales y secundarios como por ejemplo; los alcaloides, poco se sabe con exactitud como funcionan.

**4.16.1.1.6.6. Ácido salicílico:** No hay prácticamente ningún efecto que se pueda achacar únicamente a un regulador. Se debe todo a efectos *pleiotrópicos*, en los que un efecto desencadena otro, y este a otro hasta producir una respuesta.

## **4.17. La Raíz**

Es la primera de las partes embrionarias que se desarrolla durante la germinación de la semilla. Primero se distingue la radícula con una cubierta llamada coleorriza, que al desarrollarse forma la raíz primaria, con la cofia como tejido de protección, mientras crece presenta geotropismo positivo, carencia de clorofila, yemas y entrenudos. Cuando una semilla germina y se forma la planta entonces puede identificarse la raíz primaria y luego con el tiempo estas originan secundarias y terciarias, aunque algunas plantas producen densas raíces en forma de cabellera ellas dependen de una raíz primaria.

### **4.17.1. Funciones de la raíz**

1. Sirven para anclar la planta al suelo.
2. Absorción de agua y de nutrientes minerales.
3. Acumulación de reservas.
4. Creación de suelo a través de sustancias segregadas y sus relaciones de simbiosis contribuyen a la formación de suelo.

### **4.17.2. Formación de raíces en estacas**

El enraizamiento envuelve una serie de procesos fisiológicos e histológicos. Estos divididos en dos partes:

**a).** La formación de meristemo radical dentro de la estaca y **b).** Crecimiento y elongación, en el cual el ápice radical avanza hacia fuera y luego emerge la epidermis.

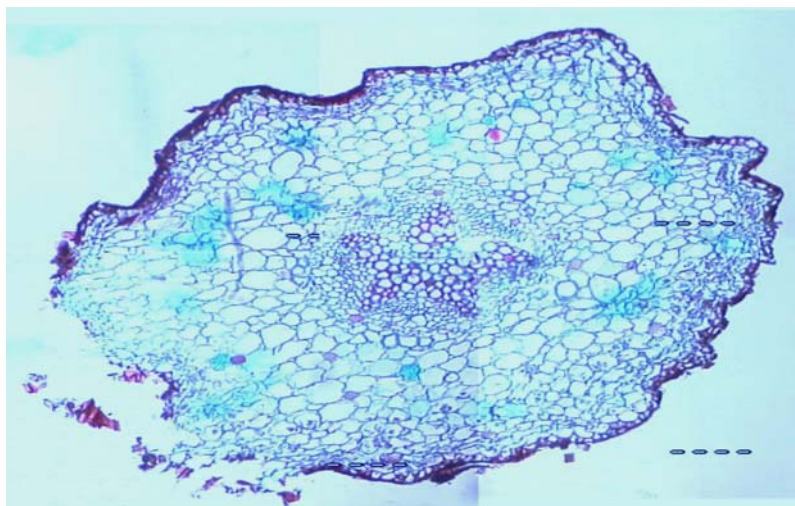
En términos generales, existe un movimiento de las reservas (Carbohidratos solubles primeramente) en el interior de la estaca. Así mismo, se producen una considerable cantidad de





hormonas incidentes.

**Figura 7. Formación de la masa celular en torno a la corteza de la estaca (Laskowski & Bautista, 1999).**



La actividad meristemática del cambium se activa formándose una zona de proliferación alternada de células, ordenándose en coincidencia con los radios del xilema. Luego incrementa el tejido parenquimático y cordones de fibras alcanzan la médula del tallo y empuja consistentemente al floema y los nódulos de fibra perifloemáticos hasta la corteza, esto forma una capa de células filodermales, dándose por iniciado el crecimiento de las raíces adventicias primarias (Laskowski & Bautista, 1999), a medida que aumentan de grosor se lignifican y posteriormente se ramifican en raíces adventicias secundarias y terciarias.

#### **4.18. Crecimiento y Desarrollo Vegetal**

Según Meusel (1970), se entiende por crecimiento al complejo de caracteres vegetativos y reproductivos genéticamente constantes, que varían sólo dentro de un rango específico de una plasticidad fenotípica, que conlleva al aumento en el número de células resultando un incremento de tamaño particular que es medible y cuantificable (Perrete & Vegetti, 2005). El crecimiento se consigue por una doble acción:

**a).** un aumento en el *tamaño* de las células del órgano, y **b).** Un aumento en su *número* real.

Tanto el crecimiento como la división celular dependen de la capacidad de totipotencia. Los fotoasimilados (productos de fotosíntesis) y nutrientes absorbidos del suelo, son usados por el cuerpo para construir nuevas estructuras celulares. El crecimiento es parte del desarrollo, en cambio el *desarrollo* lleva implícito *diferenciación, crecimiento y morfogénesis*.

Las unidades por las que se mide el crecimiento son;

1 - Incremento del número de células.

2 - Incremento de biomasa.

Incremento de volumen.

4 - Incremento de longitud.

3 -



En muchos estudios biológicos, el cálculo del crecimiento vegetal en condiciones naturales o controladas, es llevado a cabo utilizando como referencia estas unidades, para tratar de entender y conocer la productividad por efecto ambiental o de ciertos elementos que son científicamente y socialmente importantes.

#### **4.19. Generalidades edafológicas**

##### **4.19.1. El suelo**

Es el resultado de la meteorización de la roca más superficial (frío/calor, lluvia, viento, oxidaciones, hidrataciones, etc.) en colaboración con la acción biótica. Los fragmentos de roca se entremezclan con restos orgánicos: heces, organismos muertos o en descomposición, fragmentos de vegetales, pequeños organismos que viven en el suelo, etc. Con el paso del tiempo todos estos materiales se van estratificando y terminan por formar lo que llamamos suelo.

##### **4.19.2. Composición del suelo**

Mientras más evolucionado mayor acción tiene el clima sobre éste, menos influencia tiene el material original. En la formación del suelo pueden influir los volcanes, procesos tectónicos o la flora misma, existe diversidad de suelos en todo el mundo.

###### **4.19.2.1. Fracción mineral**

Pedruscos	> 256 mm
Guijarros	64 a 256 mm
Grava	4 a 64 mm
Gravilla	2 a 4 mm
arena gruesa	1 a 2 mm
Arena	0.2 a 2 mm
arena fina	0.02 a 0.2 mm
Limo	0.002 a 0.02 mm
Arcilla	< 0.002 mm

###### **4.19.2.2. Fracción orgánica**

En todo suelo hay materia orgánica llamada *humus*. En un suelo del desierto puede estar en una proporción del 1%, mientras que en la turba la proporción llega al 100%. Una cifra media común en suelos sería de un 5% (2% de carbono). Está formada por restos de organismos muertos, excreciones, etc.; tan profundamente transformados que ya no puede advertirse, normalmente, su estructura original. Su composición química es muy variada, pero como conforme pasa el tiempo los productos orgánicos que son más fácilmente degradables van desapareciendo, al final van



quedando en mucha más proporción las moléculas orgánicas con enlaces resistentes a la degradación biológica (moléculas aromáticas con abundancia de ciclos y anillos, fenoles, funciones ácidas, etc.). El humus se encuentra en su mayor parte adherido a la arcilla por sus cargas negativas.

Al final de su formación se termina de estructurar en estratos llamados Horizontes (A, B, y C, estos pueden subdividirse), el tipo característico de cada suelo le da un perfil particular y la presencia de una biota muy propia.

#### **4.20. Importancia ecológica de la revegetación de ecosistemas**

El éxito, desarrollo y crecimiento y reproducción están sujetos a factores de tipo edafológicos, hidrogeológicos y meteorológicos, al que un potencial genético debe sobreponerse, coexistiendo inclusive con las trabas antrópicas (Gaoue & Ticklin, 2008). De hecho en Nicaragua las cuencas hidrográficas que conforman unos 129,603 km<sup>2</sup> y son un factor fundamental en los tipos de ecosistemas, han sido y continúan siendo fuertemente impactadas por elementos como: la deforestación, el avance de la frontera agro, crecimiento urbano, políticas poco efectivas a favor del ambiente, erosión y otros, son parte de agravativos del ambiente que comúnmente se observa en países subdesarrollados como el nuestro (Quijano & Ramírez, 2000). En vista, la necesidad a nivel mundial de recomponer los ecosistemas en deterioro, es una idea que involucra diversos sectores y diferentes métodos desde cualquier punto de vista que sean congruentes en coser de nuevo y mejorar las condiciones ambientales.

Las plantas arbóreas requieren más tiempo para desarrollarse y crecer, por eso los resultados no son inmediatos. En algunos casos, por eso se utilizan especies herbáceas que crecen rápido y ayuden en tanto se recupere la vegetación superior. Desde el punto de vista productivo, las especies forestales que se propagan vegetativamente y toleran eficazmente las sequías resultan muy útiles, ya que además de estabilizar las áreas de suelos con tendencias a ruptura o deslizamiento masal, producen madera que bien puede ser utilizada en trabajos similares y se recuperan rápidamente. Asimismo, las especies se tornan en un potencial de productos forestales que también contribuye en asegurar alimento y refugio para muchos organismos y mejoran la calidad del ambiente.

#### **4.21. Técnicas de Revegetación**

Las técnicas implementadas pueden variar de acuerdo a las condiciones edafológicas, relieve y ambiente, al momento de implantar ciertas especies de las cuales se debe conocer mucho de sus características biológicas y aptitudes para con los elementos abióticos, estas varían según las exigencias del terreno y otros factores locales. Estudiar las negativas desde un punto de vista más estricto, asociado a elementos manipulables y fuera de nuestro alcance, ayuda a decidir el tipo de técnica a implementar que mas se ajuste a las condiciones en general, esto debe abordar posteriormente los siguientes pasos:



**4.21.1. Selección del material de propagación:** este debe cumplir con los requerimientos locales de tolerancia al estrés ambiental, aptitud de propagación (sexual o vegetativa), crecimiento rápido y si el tejido es joven o adulto.

**4.21.2. Preparación del suelo:** laboreo superficial, laboreo profundo o laboreo nulo, importe de suelo, estabilización mecánica con; celdas, geomallas, redes y mantas orgánicas o redes metálicas.

**4.21.2. Elección del método de siembra:** por semilla, por estacas tipo, con fertilización o sin fertilización, profundidad de siembra, siembra de superficie, etc.

**4.21.3. Método de implantación:** las plantaciones pueden ser de invierno, de otoño, de verano, de primavera, con o sin riego. Para esto es necesario conocer la dinámica del crecimiento radical y del Vástago de cada especie y las condiciones climáticas de cada zona.

**4.21.4. Métodos de propagación:** el tipo de estaca puede ser; apical sin nodos o con entrenudos, de madera suave o dura. Estas es recomendable extraerlas en tiempos de paradas vegetativas y almacenadas a pie de obra bajo condiciones de mucha humedad por tiempo de 1-2 días antes de la siembra o varios meses en aviverado. Algunos métodos con diferentes cortes en estacas pueden aumentar el área de arraigo, muchos trabajos pueden requerir potenciadores del crecimiento tanto de la parte subterránea como aérea de la madera, esto para ganar tiempo y preparar las plantas para condiciones desfavorables (Castro et al., 2006).

## **4.22. Conservación**

Desde este punto de vista se debe garantizar la estabilidad de los ecosistemas o micro-ecosistemas adecuando momentos de extracción en períodos favorables del año para con las especies que se trabaja. El conocimiento del comportamiento biológico de las diversas especies vegetales, arbóreas, arbustivas y herbáceas, es fundamental para efectuar una correcta selección y por consiguiente para asegurar resultados en la intervención. Esto también, deroga la necesidad implementar mecanismos de manejo adecuados de lugares estatales o bien establecer Fincas Extractivas o Parcelas de madera (bancos extractivos), el cual pueden ser desarrolladas en áreas legalmente asignadas y con el apoyo comunitario, esto puede ser muy positivo, ya que eventualmente se vuelve una fuente de trabajo, todo ello con el objetivo de evitar el impacto negativo en especies desarrolladas naturalmente. De esta manera se asegura preservar las especies y la posibilidad recuperación ecológica se torna más prometedor (Rivera & Sinisterra , 2005).



## 5. MATERIAL Y MÉTODO

### 5.1. Localización

El trabajo se llevó a cabo en los márgenes del Río Chiquito de la ciudad de León (38° 51' 33" Norte y 094 ° 47' 941" Oeste), contiguo al Puente de Guadalupe, en un periodo de 10 meses (Septiembre 2007- Junio 2008), partiendo en Agosto con la ubicación y estructuración del área.

La obra de tipo *Estabilizante o de Consolidación* se ejecutó Septiembre 2007 y la evaluación del material vegetal se hizo de Septiembre del 2007 a Junio del 2008, lo cual abarcó época seca y lluviosa, bajo los enfoques fundamentales;

- a) Encontrar las especies más idóneas para estos trabajos en estas condiciones de zona y clima, a través del estudio de algunos parámetros biológicos importantes en la recomposición de ecosistemas.
- b) Emplear técnicas de Ingeniería Naturalística como herramienta alterna a lo convencional en la prevención de desastres por deslizamiento de suelo.

### 5.2. Materiales

GPS(Sistema de Posicionamiento Satelital),Cinta Métrica de 6 m y 100 m(1), Inclinómetro Artesanal, Piochas(4) Alambre de amarre galvanizado (5 Lbs), Machetes(4), Cemento(4 Bolsas de 45 kg c/u), Varas de *Eucaliptus sp*, de 1,2 y 3 m de largo y de entre 10 y 18 cm de diámetro, Arena (1 m<sup>3</sup>), Barra (3), Martillo (2), 70 Varas de Tigüilote (*Cordia dentata* Poir.) de 2 m de largo y entre 1.0 y 5.5 cm de diámetro, Mazo de mango de madera (2), Palas (4), Nivel de Horizonte de Madera, Serrucho (1), 250 estacas de cada especie de 1 m de Largo y grosor de la base del dedo índice (1.0 cm) a la parte media del antebrazo (≈5.5 cm), Alambre de Púa (1 rollo), Postes de *Eucaliptus sp*, (12) de 2.5 m de largo y de entre 13-20 cm. de grosor, para el establecimiento de la cerca y Varas de 3.0 m para el Biocauce.

### 5.3. Método

#### 5.3.1. Selección del área

Para el establecimiento de un área donde se pretenda desarrollar cualquier obra de la magnitud que amerite, es caracterizada bajo dos aspectos fundamentales que se plantea la ingeniería Naturalística;

- a) Vegetación mínima o ausente en pendiente mínima de 10° o superior
- b) Erosión evidente o progresiva del suelo

Bajo estos aspectos se estableció un área de trabajo de 12 x 25 m.



### 5.3.2. Cálculo del Angulo de Inclinación

El ángulo de la pendiente resultó de  $37^\circ \approx$ , determinándose a través de la Ley del *Seno del Angulo* y el Teorema de Pitágoras.

### 5.3.3. Procedimiento de la Obra (modificación y perfilado de Talud)

Para ejecutar la Obra se necesitó el apoyo del personal de Limpieza y Bacheo de la Alcaldía de León, que trabajaron en limpieza y formación de terrazas, recolecta, traslado (vehículo; camión volquete) y siembra del material vegetal.

Se construyó un *Biocauce* de 15 m longitud y 0.5 m de profundidad en forma de **V**, este con Angulo de  $105^\circ$ , con Varas de *Eucaliptus sp.*, de 3.0 m y Diámetro entre 13 -20. cm., en la zona Este del área a favor de la pendiente, conformándose Cinco Escalones cada uno con nueve varas, luego este fue revestido con Mezcla de Cemento comercial y arena, conformándose una plancha en la parte mas alta y seguidamente vaciando a favor del *Biocauce* (ver Anexo 9) para cerrar espacios entre varas y escalones, con la finalidad de desviar el agua de escorrentía en un solo sentido y evitar así el desplome del subsuelo en el área, cada escalón de varas se sujetó con Alambre Galván a estacas de 1.5 m con mismo diámetro enterradas en forma de V desde el inicio del cauce y luego cada metro, a continuación se estableció un total de 5 Terraplenes (Bloques) con distancia entre uno y otro de 0.5 m, iniciando del margen más próximo al río, dejando un margen en los extremos del ancho de 1.0 m. Estos Terraplenes o Bloques se designaron; BI, BII, BIII, BIV y BV, estando este último en la cima de la pendiente o inicio de la caída de la misma (Ver anexo 11). Aunque se marcaron los Bloques, el BIV no fue evaluado, según el Modelo establecido destina a este Ante-último terraplén ha ser sembrado únicamente para tipificar el área como parte de las técnicas de la Ingeniería Naturalística (Lammeranner et al., 2005).

### 5.3.4. Especies implementadas

Sauce (*Salix humboldtiana* Willd), Tiguilote (*Cordia dentata* Poir), Sacuanjoche (*Plumeria rubra* L), Caraña (*Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch), Cuasquito (*Lantana urticifolia* Mill), Jocote casero (*Spondias purpurea* L.), Madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp), estas plantas se seleccionaron de acuerdo a la disponibilidad, Utilidad, abundancia y a la capacidad de reproducción vegetativa localmente.

### 5.3.5. Diseño de Conformación de Bloques

La designación de la siembra para los Sub-bloques se hizo Aleatoriamente, procediendo a partir del BI y terminando en el BV. El establecimiento de los bloques surge a partir de la igualdad, entonces si existen cuatro Bloques estudiados, en estos deben ocurrir cuatro Sub-bloques que se transforman en columnas del modelo (Ver anexo 7).





Se enterró estacas de *Eucalyptus sp.*, de 1.20-1.40 m de largo, haciéndolo cada 1.0 m de distancia verticalmente a lo largo de cada bloque, a estas se le sujetaron varas del mismo material de 2.5 y 3.0 m de longitud con alambre de amarre Galván, conformando un tipo barrera o cerca de madera confinada de tres niveles con espacio de 7.0-15 cm entre uno y otro, esto para poder insertar las estacas objetivos con facilidad. Además, la barrera ayuda a sostener el suelo trabajado ante la escorrentía.

### 5.3.6. Diseño del modelo de Siembra

Se sembró a tres niveles o Bandas en cada Bloque (25 x 1.5 m) utilizando la especie seleccionada de acuerdo al *Diseño de Sub-parcelas aleatoriamente divididas* (Montgomery et al., 2005), el cual consiste en establecer pequeños sub-bloques con determinado nivel de la variable por el azar, lo que significa que todas las especies a utilizar tendrían misma probabilidad de corresponder en cualquiera de los Sub-bloques, esto refiere que en cada Bloque constituido de 4 Sub-Bloques. Se hizo una rifa individual, asignando cuatro oportunidades para cada especie, por tanto un total de 16 oportunidades en los cuatro Bloques.

*Índice de Distribución* de siembra por Especie x Sub-bloque=  $ID_s = N$  Tamaño de la muestra de la especie (250) /  $\sum_n$  veces de las rifas.

$ID_s = N / \sum_n$ , es la cantidad a sembrar en Sub-bloques.

Cada Sub-bloque de 1.5 x 6.25 m (al final resulta de 6.5 x 1.0 m entre peldaño de empalizada), despreciando un espacio de 1.0 m antes de 1<sup>er</sup> y último bloque. En el Bloque IV (B IV) se sembró 60 varas de *C. dentata* Poir., de 2.0 m de longitud, siguiendo el mismo patrón de diámetro de las estacas objetivos, con la diferencia que estas se siembran en rollos (manojas de 5 varas) horizontal a la pendiente cada 2.0 m de distancia, estas no se evaluaron, son parte del tipo de obra.

#### 5.3.6.1. Siembra de estacas en Sub-bloques

Se emplearon en total 1,750 estacas, con 250 repeticiones por especie, estas se cortaron con un ángulo de entre 30°- 45°, con un diámetro desde base del dedo índice (1.5 cm.) hasta la parte media del antebrazo (5.5 cm.), la selección de los Sub-bloques a sembrar quedaron establecidas por igualación de Bloques (multiplica el número de Bloques por su mismo número) esto genera la cantidad de Sub-parcelas o Sub-bloques de deberán emplearse. Habiendo establecido 16 Sub-bloques se hizo una rifa para la distribución.

Asumiendo que cada Bloque tendría 4 Sub-bloques, se hizo un total de 16 oportunidades por bloque por especies, para una suma de 64 entre las siete especies.

Probabilidad=  $7/4 \times 4 \times 7 = 0.0625$  de aparecer en cada Sub-bloque de los 16 repartidos en los cuatro bloques.





Dependiendo de las especies elegidas, se procedió a la recolecta solamente por la mañana y la siembra llevo a cabo de mañana y tarde del mismo o al día siguiente. Habiendo finalizado con la siembra se levantó una cerca, para evitar daños por penetración de animales.

### 5.3.7. Toma de Parámetros

La toma de parámetro se hizo en tres etapas;

La primera se hizo 21 días después de la siembra (Noviembre del 2007, final del invierno). El segundo, se tomó dos meses después de la primer toma, este en verano (finales de Enero del 2008) el 28 de Enero 2008 siguiendo el mismo patrón de variables ya descritas.

El último muestreo se hizo a las cuatro meses después del Segundo (Inicios de Junio del 2008) 6 y 8 de Junio del 2008, este contempló la toma de datos en época lluviosa, con el propósito de corroborar que algunas unidades muestrales pudiesen despertar de algún estado de latencia o estuviesen definitivamente muertas.

### 5.3.8. Variables

Las más importante variables fueron **1).** *Tasa Sobrevivencia*, tomada en base a presencia de brotes. **2).** *Producción Promedia de Brotes*. **3).** *Longitud Promedia de Brote Principal (cm)*, éstas en tres etapas. **4).** *Producción Promedio de Raíces Adventicias Principales*. **5).** *Crecimiento Promedio de Raíz*. **6).** Grosor de Raíces Adventicias Primaria y **7).** *Biomasa Radicular* (Peso Fresco y Peso Seco).

Para calcular el Peso de la biomasa radicular ganada, se procedió a sacrificar 10 muestras de cada especie, teniendo en cuenta las variables siguientes;

**1-** Cantidad raíces primarias. **2-** Longitud (cm). **3-** Grosor basal. **4-** Peso Fresco (gr) y Peso Seco (gr).

Para ello, se extrajo la muestra con una Coda de mano, se removió cuidadosamente el suelo, al extraer la estaca se sacudió para que sub-suelo adherido se desprendiera para proceder a los Pasos 1,2 y 3. las raíces extraídas por corte basal, fué empacado y rotulado en Bolsas plásticas de polietileno y llevadas al Laboratorio de Ecología Vegetal de la Unan-León, donde se obtuvo el *Peso Fresco* en Balanza analítica (Marca COBOS CB-Junior ISO-9001) con 0.01 g de error, seguidamente se procedió al traslado del material a un Secador Eléctrico (Horno) del Herbario de la Unan-León, sometido a una temperatura de 65 - 75 °C por 3 días (72 horas) (Rueda, com. Pers., 2007). El material seco fue llevado en Bolsas debidamente selladas con Cinta adhesiva y éstas de nuevo con papel periódico al Laboratorio de Ecología, donde se obtuvo el peso seco:

*Cálculo de Humedad* =  $\text{Peso Fresco} - \text{Peso Seco}$ ,  $W.h = \frac{Wh}{Wd} * 100$  y *Peso Seco o Weight Dried Biomass*,  $W.D.B = \frac{Wd}{Wh} * 100$  (Barceló et al., 2005).



### 5.3.9. Análisis de datos

Para la *Tasa Supervivencia* (*Tasa de Supervivencia* =  $Sa_1 / t_1 - Sa_2 / t_2 - Sa_3 / t_3$ , donde  $Sa$  es la supervivencia actual y  $t_i$  es el tiempo en que ocurre) y demás variables, este se hizo a través del Programa Microsoft Excel.

Se utilizó el STATGRAPHICS Plus Versión 5.1 (2005), a través del cual se hizo un análisis de *Regresión Lineal Simple* o modelo de mejor ajuste ( $Y = a + b \cdot x$ , donde  $Y$ , es la variable dependiente,  $a$  es la *intercepto*,  $b$  es la pendiente o inclinación de la línea,  $x$ , es la variable independiente), para averiguar la *relación* funcional entre *El Crecimiento de Brote Principal* Vrs *Producción de Brotes* y *Cantidad de Raíces Adventicias Primarias* Vrs *Longitud* de las mismas.

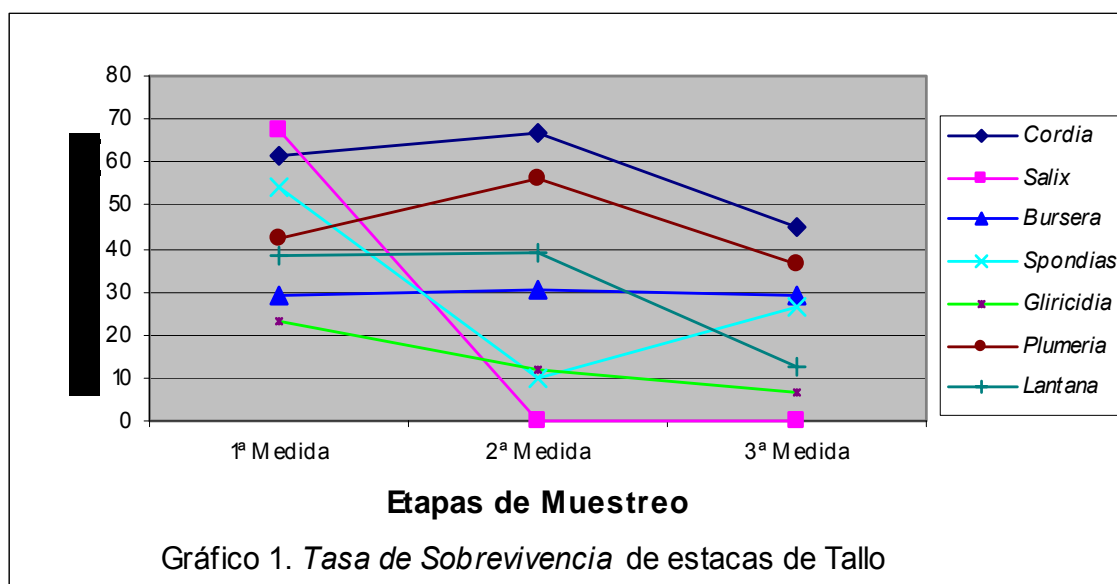


## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Tasa de Supervivencia en estacas de tallo de;

*Salix humboldtiana* Willd., *Cordia dentata* Poir., *Plumeria rubra* L., *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., *Lantana urticifolia* Mill., *Spondias purpurea* L., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.

En este gráfico # 1, se observa que la supervivencia en las tres etapas de muestreo tiende a variar consecutivamente, siendo en *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., una Supervivencia más estable, aunque esta no es muy contundente en comparación con *Plumeria rubra* L., y *Cordia dentata* Poir., Siendo *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., y *Lantana urticifolia* Mill., las de valores más bajos (<20%) en la última medida.

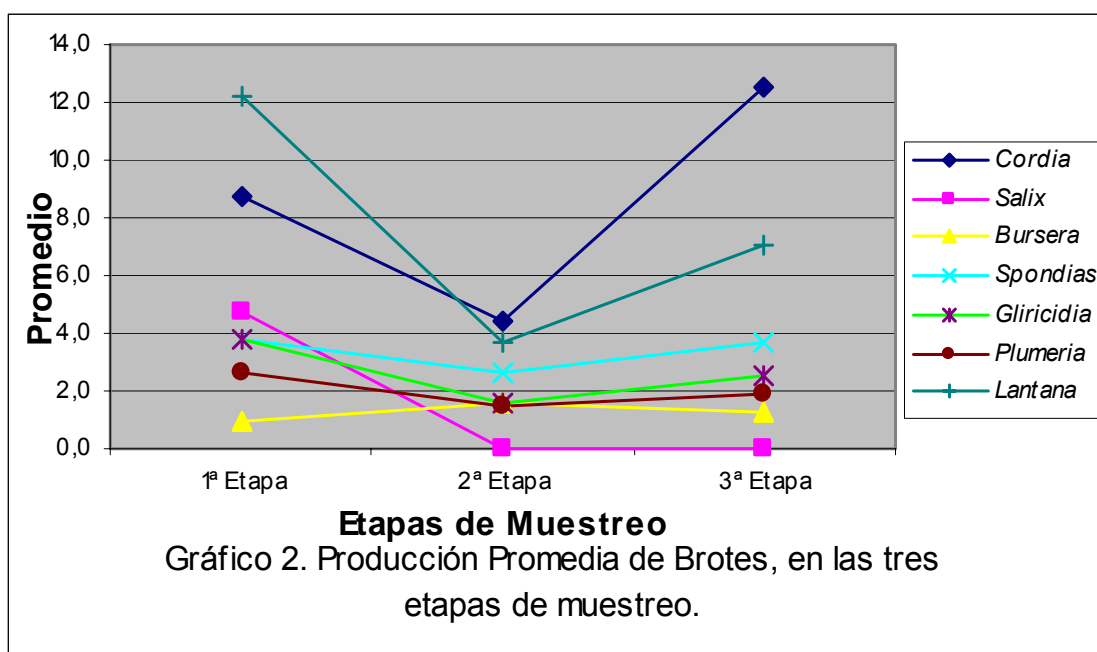


La Tasa de Supervivencia más fuerte en este caso, corresponde a las especies; *Cordia d.* con 45.2%, *P. rubra* L., con 36.4%, *Bursera t.* con 29%, seguido por *Spondias p.* con un 26.4% y el resto de las especies con menos de 15% para una 3ª Medida (Inicio del Período de lluvia). Este es el resultado después de 10 meses de siembra. Es muy probable que la falta de humedad suficiente en el suelo afectó la T.S apoyado por las altas temperaturas presentadas en la estación seca especialmente en meses de Marzo-Mayo y con ello una merma en la T.S en la mayoría de las especies como se aprecia en el citado gráfico.



## 6.2. Producción Promedio de Brotes

En este gráfico # 2, puede observarse que la especie *L. urticifolia* Mill., *C. dentata* Poir y *S. humboldtiana* Will., generan una cantidad de brotes superando en promedio (>4 brotes) a las demás especies en la 1ª Etapa de Muestreo, a los 21 días después de la siembra.



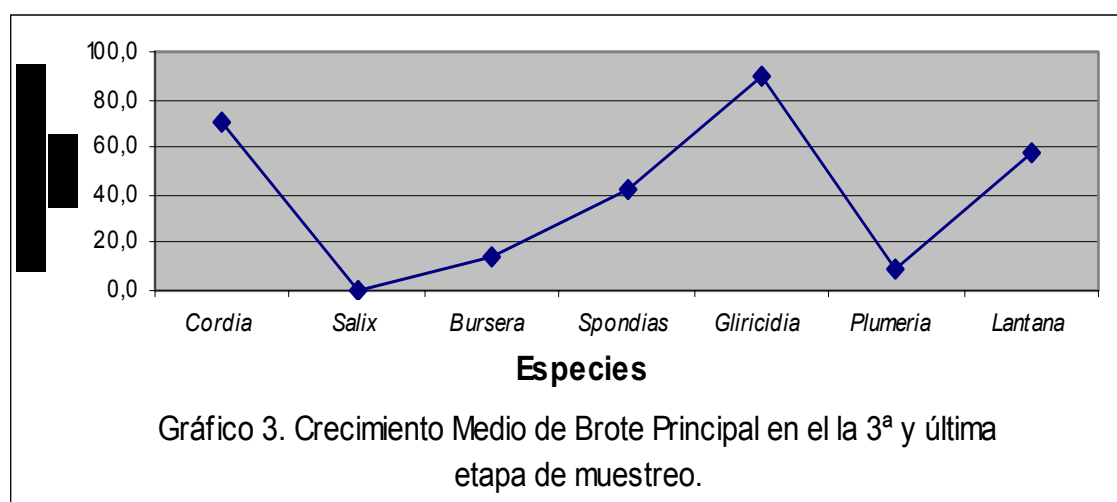
En el 1<sup>er</sup> Muestreo, *L. urticifolia* Mill., obtuvo un *Promedio de Brotes* de 12.2 (12); *Cordia* d. 8.7 (9); *Salix* h. con 4.7 (5); *Spondias* p. con 3.8 (4); *Gliricidia* s. con 3.7 (4), *Plumeria* r. con 2.67 (3) y *B. tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., con 0.96 (1). En ésta toma de muestra la suficiente humedad afecta positivamente en la producción de brotes vegetativos. En la 2ª Etapa de Muestreo (2 meses después de la primera; finales de Enero 2008), en momento de la estación seca, la presencia de brotes desciende entre el 50-70% en todas las especies por debajo del primer muestreo, en *S. humboldtiana* Will., tiene un marcado efecto que la lleva al colapso total. Esto es debido a que esta especie prolifera mejor en suelos de mucha humedad o abnegados, además de ser una especie introducida, lo que significa que estaba fuera de su rango de su distribución óptimo y del ecosistema en que mejor prospera, el déficit hídrico es un factor que en ésta especie representa el mayor problema para su supervivencia en estas condiciones de ambiente. En la 3ª Etapa de Muestreo (4 meses después del segundo; inicios de Junio del 2008), con menos de un mes de lluvia iniciada la época lluviosa, ocurre un ascenso en la *P.P.B.* tal es el caso de *C. dentata* Poir., con 12.5 (13), *L. urticifolia* Mill., con 7, *S. purpurea* L., con 3.7 (4), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 2.53 (3), *P. rubra* L., con 1.9 (2) y *B. tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., con



1.25 (1). La generación de brotes es creciente en condiciones favorables y son probablemente las citoquininas que inciden en este proceso, por lo que deben formarse en células que tomaran el papel de meristemáticas, la aparición de brotes está condicionado con la administración de nutrientes fuente-sumidero posiblemente (Aker, 2007), así también la permanencia de estos puede ser afectada por flujo de auxinas ya que estas reprimen el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo manteniendo la dominancia apical, siendo favorecidos unos pocos o uno al final, lo que indica que además de las condiciones del ambiente; la presencia de hormonas afecta el desarrollo como la producción misma (todo esto ligado a la disposición de agua en el suelo) y la cualidad genética por otra parte discreta, teniendo resultados marcadamente diferentes entre especies.

### 6.3. Crecimiento Medio de Brote Principal

En este gráfico # 3, puede apreciarse la *Longitud Promedia del Brote Principal* en las siete especies estudiadas, a lo largo de 10 meses han alcanzado un crecimiento tal, producto del aumento del número de células especializadas para cada tipo de tejido.



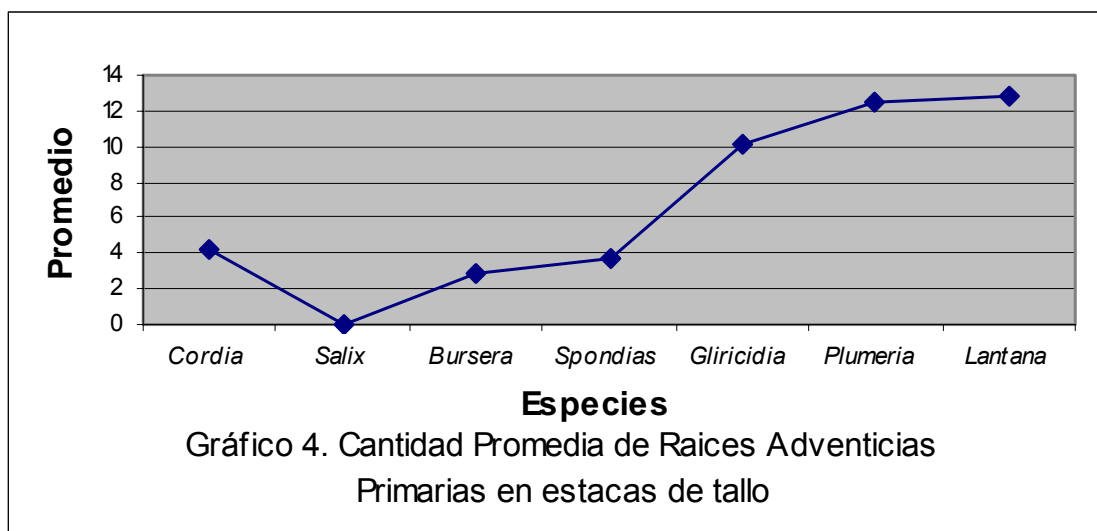
El crecimiento alcanzado durante 10 meses, bajo el efecto de factores de ambiente limitantes, principalmente el déficit hídrico en colaboración con otros elementos ambientales, mayormente afectan a las plantas en sus procesos normales. Siendo *Gliricidia s.* la especie que mas crece con un 92.2 cm, seguido por *Cordia d.* con 70.3 cm. *Lantana c.* con 57.7 cm (según Stevens et al 2002, el crecimiento de esta especie por su naturaleza arbustiva puede superar el metro de altura, lo que significa que fructificar con tamaño menor al que aquí se reporta no es nada extraño). *Spondias p.* se queda en cuarto lugar con 43cm, *Bursera t.* con 14.2 cm y *Plumeria r.* con 9.2 cm de longitud. Estas especies sobrevivientes alcanzaron entre el 20-30% del crecimiento reportado, en menos de un mes de lluvia al inicio del invierno del 2008. En términos de unidades muestrales en particular,



algunas muestras superan los valores contenidos en el gráfico, en caso de *Lantana c* hasta 137 cm, *Gliricidia s* en 190 cm, *Cordia d* con 175 cm, *Spondias p* con 125 cm.

#### 6.4. Producción Promedio de Raíces Adventicias Primarias

En este gráfico # 4. Se observa que en Promedio, *Lantana c.* produce unas 13 (12.8) raíces superando al resto, esto se debe a que esta especie tiene un sistema radicular muy particular que la diferencian de las demás especies, visto de otra manera por ser perenne en nuestro ambiente tropical seco, sobrevive gracias a sus fuertes y delgadas raíces (fibrilares en forma de cabellera) que en condiciones de propagación natural por semilla en estado adulta puede superar el metro de profundidad muy fácilmente en suelos francos.



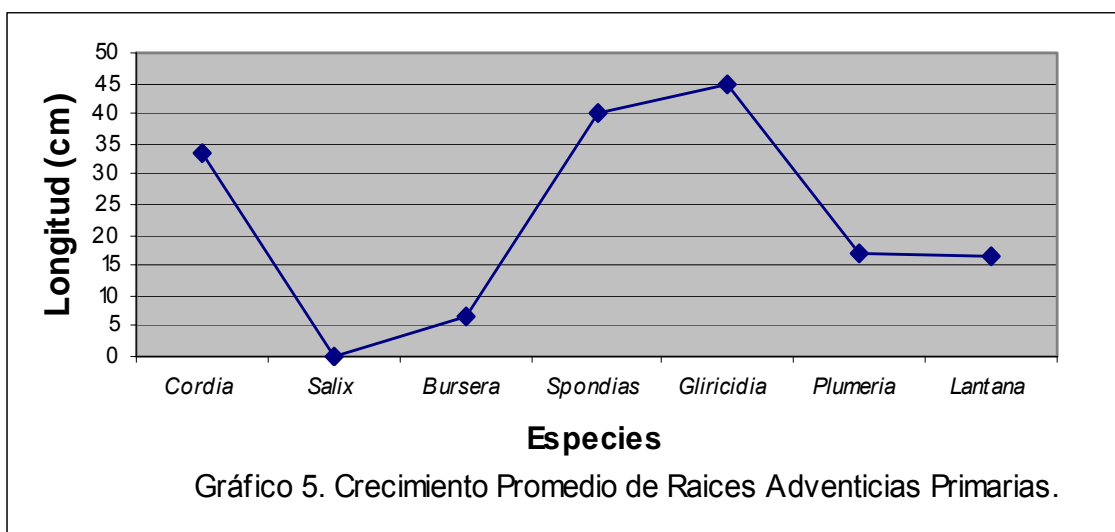
En segundo lugar *P. rubra* L., con 12(12.4), en tercer lugar *G. sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 10 (10.2), y en menos medida *C. dentata* Poir., con 4 (4.3), *S. purpurea* L., con 4 (3.7) y *B. tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., con 3 (2.9).

La generación del número de raíces, además de ser una característica que se expresa al máximo cuando las condiciones edafo-ambientales se lo permite. También existen elementos internos que influyen en ello. Algunos métodos de propagación vegetativa de especies de importancia agronómica y económica, el uso de estimulantes orgánicos (hormones) es muy común para promover el mayor número de raíces posibles que asegure un mejor arraigo a la planta. Las mayores fracturaciones superficiales del suelo ocurren en pendientes superiores al 20% (Rivera & Sinesterra, 2005), pero son evitadas cuando las especies incrementan la producción de raíces y producen un profundo arraigo en los suelos, lo cual minimiza la carga hidráulica total cuando el sistema de raíz toca el suelo duro. Las cantidades citadas de raíces para las diferentes especies en menor mayor grado, pudo deberse a las condiciones ambientales del lugar.



## 6.5. Crecimiento Promedio de Raíz

En este gráfico # 5, se observa que la especie *G. sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., sobresale con la mayor longitud generada después de 10 meses de siembra.



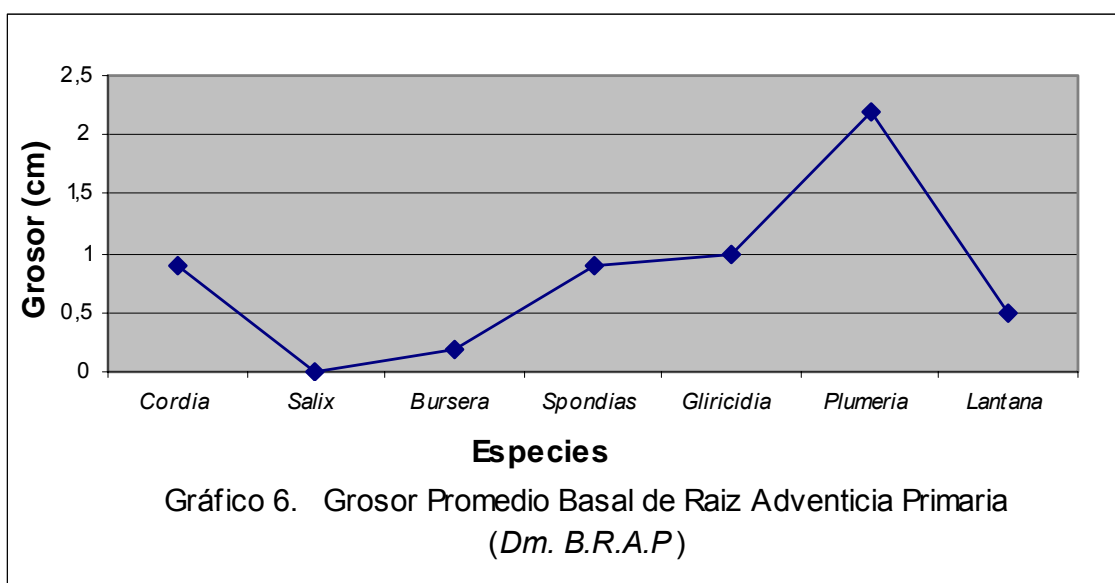
En este caso, esta sobresale con 45 (44.9) cm de longitud, seguida cercanamente por *S. purpurea* L., con 40 cm y en un tercer lugar *C. dentata* L., con 33.5 cm. Con los valores mas bajos *P. rubra* L., con 16.8cm, *L. urticifolia* Mill., con 16.6 cm que particularmente en la propagación por estacas para esta especie, se observó que el crecimiento radicular es muy sutil. *B. tomentosa*., con el más bajo valor promedio de 6.4 cm. En términos de particularidad de unidad muestral no promediales, estos valores son superados con en cada especie.





## 6.6. Grosor Basal Medio de Raíz Adventicia Primaria

En este gráfico # 6, se observa el grosor promedio de la *Raíz Adventicia Primaria* como una expresión del crecimiento entre dimensiones que ocurre en todos los tejidos, en 10 meses después de siembra de estacas de tallo en condiciones naturales, tolerando elementos ambientales que son causa de estrés fisiológicos y afectan los procesos normales en el aumento de masas de tejidos.



Las especies que obtuvieron los valores más altos en diámetro basal de raíz adventicia primaria, como se aprecia en el anterior gráfico son: *Plumeria rubra* L., con 2.3cm, *G. sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 1.0 cm, *C. dentata* Poir., y *S. purpurea* L., en tercer lugar con 0.9 cm, en 5<sup>to</sup> lugar *B. tomentosa* L., con 0.2 cm de grosor basal, en esta especie se observó que generó muy pocas raíces, inclusive muestras vivas durante todo el estudio desarrollaron raíces muy pequeñas y muy finas demostrando una alta capacidad para pasar por largos períodos en estado de latencia, disminuyendo o anulando los procesos fisiológicos implicados en el desarrollo no solamente radical sino también en la zona aérea del organismo en sí, esto limita la posibilidad de establecer un sistema de radicular dado a que el desarrollo y crecimiento de este es muy lento. *Lantana c.* se adjudicó el 4<sup>to</sup> lugar con 0.5cm, al parecer en esta especie el incremento del grosor no es un mecanismo muy acusado, ya que su carácter arbustivo le confiere la capacidad de generar raíces fibrosas y delgadas, es muy probable que el incremento en grosor llegue a ser el doble o tres veces por su condición arbustiva al volverse longeva.



## 6.6. Producción de Biomasa Radicular en Peso

En este gráfico # 7, se observa que en *Peso Fresco Promedio*, las especies que mas sobresalen son; *G. sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 26.1gr, *C. dentata* Poir., con 10.4 gr, *S. purpurea* L., con 6.0 gr y *P. rubra* L., con 4.0 gr y el resto de las especies no superaron los 2.0gr en peso.

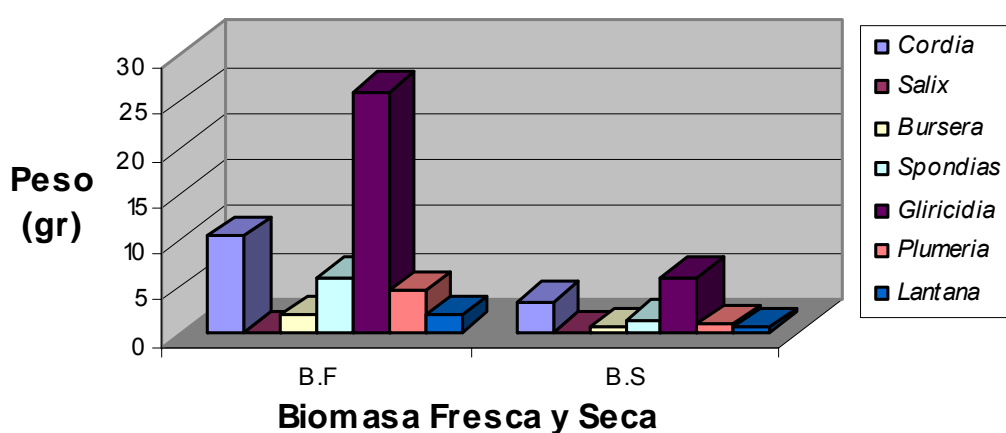


Gráfico 7. Producción de Biomasa Radicular después de 10 meses de siembra

Esto se debe a que el *Peso Fresco* o *H.B* (por sus siglas en inglés), es afectado por el grosor de raíz. El valor medio resultante en *Peso Seco* fué de; 5.9gr para *G. sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., que representa 25.5% del *Peso Seco* Medio, 3.4gr en *C. dentata* Poir., equivalente a 26.4%, 1.4gr en *S. purpurea* L., para un 22.8%, 0.8 gr en *P. rubra* L., para un 22.3%, 0.5gr en *B. tomentosa* L., para un 25.5% y 0.5 gr (de 1.8 gr en *Peso Fresco*) en *L. urticifolia* Mill., para un 24%. *S. humboldtiana* Will., no se obtuvo resultados debido al colapso de todas sus unidades en el período de verano. Algunos autores señalan que el *Peso Fresco* de tejidos duros como en tallos y raíces fibrosas de muchas especies de plantas superiores anda entre 50-93% (Reigosa., Pedrol & Sánchez, 2004), aunque esto puede variar dependiendo de la especie y estación del año en que se tome la muestra. En nuestro caso, se conoce que cierta succulencia de los tallos por acumulación de jugos en la medula cortical (p. ej., los valores mas altos de *P.S*) no determina que la raíz sea más o menos fibrosa. Cabe reseñar que la generación en el número de raíces influye en los pesos, así mismo la cantidad, longitud y el grosor con que estas se desarrollan e incrementan grandemente la resistencia al corte de suelo y las fuerzas de tensión resultan altas gracias a los sistemas de arraigo particular de cada especie.



## 6.7. Relación entre Producción de Brotes con Longitud de Brotes Principales en cada especie.

En esta tabla # 1.0, se refleja el resultado del Análisis de Regresión Lineal ( $Y = a + b \cdot X$ ), que pone a interactuar valores numéricos de las Variables *Longitud de Brotes Principales* y *Cantidad de Brotes* con un nivel de confiabilidad de 95%(0.05).

Tabla # 1. Resultados del Análisis de Regresión Lineal		
Especies	R <sup>2</sup>	Relación funcional
<i>Cordia dentata</i>	0.717115	71.71%
<i>Spondias purpurea</i>	0.536311	53.63%
<i>Gliricidia sepium</i>	0.51766	51.76%
<i>Plumeria rubra</i>	0.362047	36.21%
<i>Lantana urticifolia</i>	0.270754	27.07%
<i>Bursera tomentosa</i>	0.0688	6.88%

Las especies que presentan mayor relación de acuerdo al estadístico R-cuadrado entre variables son; *C. dentata* Poir., con 71.71%, lo que nos indica que incrementar la producción de brote, produce un efecto positivo ligeramente fuerte en el crecimiento de los brotes principales. En segundo lugar se encuentra *S. purpurea* L., y en tercer lugar *G. sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con porcentajes relativamente fuertes, aunque no es motivo para afirmar que la *cantidad de brotes* afecta literalmente el crecimiento de los Brotes Principales, sino más bien se abre la posibilidad del efecto de otras variables, incidentes en el crecimiento solas o asociadas. En caso de *C. dentata* Poir., ésta relación posiblemente se deba a la cualidad particular de esta especie, ya que en términos prácticos el aumento en la producción de brotes debería desencadenar una disminución en el crecimiento de los tallos o vástagos en las plantas, esto obedecería a lo mencionado por Begon., Harper & Townsend, (1995), el cual dice que en los ecosistemas todo funciona siguiendo patrones ambientales que marcan un profundo efecto para las diversas formas de vida y rige el comportamiento de los mismos “ley de los factores limitantes”, que insta a decir que” producir demasiados brotes disminuiría la fuerza fisiológica (resultado de su cualidad genética) para hacerlos crecer o mantenerlos. El efecto las condiciones del ecosistema sobre las especies es directo, aunque ciertos patrones biológicos son propios, algunos son casi generalistas, como en este caso.



## 6.8. Relación del Crecimiento de las Raíces Adventicias Primarias Vrs Cantidad de Raíces Adventicias

En esta Tabla # 2.0, se observan los resultados del estimador R-cuadrado para cada especie en particular, este nos da la idea de la relación entre variables en por cientos, de los cuales podemos inferir del efecto de aumentar la producción de raíces con la promoción de el crecimiento (Long. "cm") radicular.

Tabla # 2. Resultados del Análisis de Regresión		
Especies	$r^2$	Relación funcional
<i>Cordia dentata</i>	0.144293	14.43%
<i>Spondias purpurea</i>	0.10605	10.61%
<i>Gliricidia sepium</i>	0.103827	10.38%
<i>Plumeria rubra</i>	0.13947	13.94%
<i>Lantana urticifolia</i>	0.316061	31.61%
<i>Bursera tomentosa</i>	0.113511	11.35%

Para cada caso, los resultados del estimador estadístico  $r^2$  nos ofrece valores, con los cuales podemos decir que el aumento de una variable no tiene efecto con el incremento de la otra. El 31.6% según el estadístico, para *L. urticifolia* Mil., es un valor no significativo que sustente en la toma de decisión del comportamiento "Aumento-Aumento". Sin embargo, puede inferirse que existe un efecto contrario. Por tanto, es razonable decir que la disminución en el número radicular afecta el incremento de la longitud radicular. En términos generales, mantener ambas variables en aumento resulta muy agotador, por lo que es más adecuado invertir en una y ajustar la otra al costo fisiológico, energético y demás procesos endógenos.



## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que:

La *T.S.*, (Tasa de Supervivencia) que cumple con 40% recomendado por López et al., (2002), es *Cordia dentata* Poir., con 45.2%. Sin embargo *Plumeria rubra* L., (36.4%), *Spondias purpurea* L., (26.4%) y *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., (29%) son menos optimista. El resto de las especies obtuvieron una *T.S* menor al 15% (*Lantana urticifolia* Mill., con 12.8%; *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 6.8% y *Salix humboldtiana* Willd., con 0%).

Se encontró que *Lantana urticifolia* Mill., *Cordia dentata* Poir., *Spondias purpurea* L. y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., son las especies que producen más rebrotes, aunque una parte de estos mueren o se vuelven latentes en tiempo de sequía.

Después de 10 meses de siembra (soportando el período de verano), el mayor crecimiento de *Brote Principal* es en *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 92.2cm; *Cordia dentata* Poir., en segundo lugar con 70.3 cm; *Lantana urticifolia* Mill., con 57.7cm en tercer lugar; *Spondias purpurea* L., en cuarto lugar con 43 cm; *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., con 14.2cm y *Plumeria rubra* L con 9.2cm.

El promedio de *Número de Raíces Adventicias Primarias* generadas, fue mayor en *Lantana urticifolia* Mill., con 13; seguido de *Plumeria rubra* L., con 12; *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., en tercer lugar con 10; *Cordia dentata* Poir., con 4.5; *Spondias purpurea* L., con 4 y *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., con 3.

El *crecimiento Promedio en Raíces Adventicias Primarias* es mayor en *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 45 cm; en segundo lugar *Spondias purpurea* L., con 40 cm; *Cordia dentata* Poir., en un tercero con 33.5 cm; *Plumeria rubra* L., con 16.8cm; *Lantana urticifolia* Mill., con 16.6 cm y *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., con 6.4 cm. Así mismo el *Grosor de Raíz Adventicias Primarias*, fue variante entre especies donde; *Plumeria rubra* L., presentó 2.3 cm de grosor; *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 1.0 cm, *Cordia dentata* y *Spondias purpurea* L., en tercer lugar con 0.9 cm y *Lantana urticifolia* Mill., en 4º lugar con 0.5 cm.

La Mayor producción de *Biomasa Fresca* lo obtuvo *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., con 26.1g; *Cordia dentata* Poir., con 10.4g; *Spondias purpurea* L., con 6.0g y en cuarto lugar *Plumeria rubra* L., con 4.4g. La proporción de *Biomasa en Peso Seco*, en todas las especies fué entre 20 – 30%.

Estadísticamente, la relación entre *Crecimiento de Brote Principal* y la *Cantidad de Brotes* no es fuerte, con excepción *Cordia dentata* Poir., que presentó un 71.71% de relación (ligemente



fuerte). Mas bien, los resultados en la mayoría de especies se encontró valores de  $r^2 = <54\%$ , lo que significa que tales variables tienden a comportarse inversamente.

La relación entre *Crecimiento de Raíces Adventicias Primarias* y *Cantidad* de éstas, con un nivel confianza de 0.05, el modelo explica que las variables tienden a ser inversamente proporcional y no directa.

De acuerdo con los patrones biológicos estudiados, las plantas más idóneas para trabajos de Ingeniería Naturalística son; *Cordia dentata* Poir., *Plumeria rubra* L., *Bursera tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch., y *Spondias purpurea* L., Resto de especies no son ideales, ya que requieren de una alta disponibilidad hídrica y son sutiles al estrés ambiental localmente.



## 8. RECOMENDACIONES

A los especialistas nacionales y extranjeros o delegados por parte de los gobiernos locales para la ejecución de obras de bioingeniería en nuestro país, especialmente para la región del pacífico:

- Hacer uso de las cuatro especies; *Cordia dentata* Poir. (Tiguilote), *Plumeria rubra* L. (Flor de sacuanjoche), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Madero negro), y *Spondias purpurea* L. (Jocote casero), ya que se adecuan mejor a las condiciones de estrés climático de la región.
- Hacer uso de las especies a inicios del invierno, ya que debe de preverse que el suelo disponga de la mayor humedad, para asegurar sobrevivencia.
- Implementar las técnicas de Bioingeniería, solas o en combinación con otras técnicas biológicas que son amigables al ambiente, en zonas en riesgo potencial o en deterioro por causa naturales o antrópicas en el ecosistema ripario del Río Chiquito.
- A la Municipalidad de la Ciudad de León (Departamento de Obras Públicas, Medio Ambiente y el Consejo) a dar seguimiento a los proyectos llevados a cabo a favor de la recuperación del ecosistema ripario del Río Chiquito y la salud del mismo.





## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre et al., 2000. Degradación de las Cortinas Rompevientos al Este de la Ciudad de León, Nicaragua. (En línea). Consultado el 17 Agosto, 2008. Disponible en: <deftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/LEAD/X6351s/X6351s00.pdf>.
2. Aker. 2007. Fotosíntesis, Azúcares y la Transición Floral. Modelo Azúcar; Citoquinina. Departamento de Biología, UNAN-León. 84 Pág.
3. Berríos., Castellón & Díaz. 1984. Estudios Edafológicos de Suelos Cultivados y no Cultivados del Departamento de León con Énfasis en Materia Orgánica y Carbono. Tesis. Departamento de Biología, UNAN-León. 92 Pág.
4. Begon., Harper & Townsend. 1995. Ecología. "Individuos, poblaciones y comunidades". Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 865 pág.
5. Barceló et al., 2005. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid, España. 559 pág.
6. Chávez J. 2004. Modelo de Riesgo de Erosión de Suelo en Cuatro Micro-cuencas de la Cordillera Los Maribios, Nicaragua. (En línea). Escuela Forestal y Estudios Ambientales, Universidad de Yale, New Heaven, CT, Estados Unidos. 14 Pág. Consultado el 23 de Junio, 2008. Disponible en : <http://www.geolatina.net/cuencasnicaragua/sites/default/files/file/Cap3/Riesgo%20erosion%204%20microcuencas%20Maribios.pdf> <http://www.geolatina.net/cuencasnicaragua/sites/default/files/file/Cap3/Riesgo%20erosion%204%20microcuencas%20Maribios.pdf>
7. Castro P. 2006. Métodos de Implantación de Vegetación. Universidad de Alcalá, España. 30 Pág.
8. Casas Sánchez. 1997. Inferencia Estadística. 2ª ed. Editorial Centro de Estudios, Ramón Areces, S.A. Madrid. España. Pág. 685-709.
9. Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Tipos de Suelo de México, Nicaragua y Honduras. (En línea). Consultado el 15 de Agosto, 2008. Disponible en: <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/08/05/71238.aspx> <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/08/05/71238.aspx>
10. Ferrey et al., 1984. Evaluación de la Contaminación del Río Chiquito de la Ciudad de León. Tesis. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, UNAN-León. 65 Pág.



11. Gaoue & Ticktin, 2008. Impacts of Bark and Foliage Harvest on *Khaya senegalensis* (Meliaceae) Reproductive in Benin. British Ecological Society; Rev. Journal Applied Ecology. Vol 45. N°1. Pags 34-40.
12. INETER. 2006. Situación Meteorológica de Nicaragua. (En línea). Consultado el 12 de Julio, 2008. Disponible en: <http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html><http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html>.
13. Jiménez Q. 1999. *Spondias purpurea*. Unidades Básicas de Información. (En línea). Instituto Nacional de Biodiversidad, Honduras. Consultado el 26 de Enero, 2008. Disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/bims/ubi.plantas.pdf>.
14. Montgomery, C. 2005. Diseño y Análisis de Experimentos. 2ª ed. México, D F. Editorial LIMUSA WILEY, S.A. 681p.
15. Mendoza F & Rocha. 2002. Fisiología. Poliaminas: Reguladores del Crecimiento con Múltiples Efectos en las Plantas. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Rev. PALMAS Vol. 23: 39-46. 2002.
16. MARENA., 2001. Estado del Ambiente en Nicaragua Informe. (En línea) IMPRIMATUR, Managua Nicaragua. 118 Pág. Consultado el 26 de Junio, 2008. Disponible en: <http://www.centrogeo.org.mx/unep/documentos/Nicaragua/NICARAGUA.pdf><http://www.centrogeo.org.mx/unep/documentos/Nicaragua/NICARAGUA.pdf>.
17. Mondragón et al., 2005. Ficha informativa. Consultado el 12 de Marzo, 2008. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/verbenaceae/lantana-camara/fichas/ficha.html>.
18. Laskowski L & Bautista. 1999. Características Anatómicas de Raíces Adventicias en Estacas de Semerruco (*Malpighia emarginata* DC.) Tratadas con Acido Indolbutírico. (En línea). Rev. Bioagro 11(13): 88 – 96. Consultado el 13 de Febrero, 2008. Disponible en: [http://pegasus.ucla.edu/ve/BIOAGRO/Rev11\(3\)/2.%20Caracter%C3%ADsticas%20anat%C3%B3micas%20de%20ra%C3%ADces.pdf](http://pegasus.ucla.edu/ve/BIOAGRO/Rev11(3)/2.%20Caracter%C3%ADsticas%20anat%C3%B3micas%20de%20ra%C3%ADces.pdf).
19. Lammeranner et al., 2005. Implementation and Monitoring of soil bioengineering measures at a landslide in the Middle Mountains of Nepal. University of Natural Resources and Applied Life Sciences. Vienna, Austria. Rev., Plant and Soil. No.278; p. 159-170.
20. López et al., 2002. Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes. (En línea) ed. 2, Vol I. ETSI-UPM (Universidad Politécnica de Madrid). Edit. LOPEZ GIMENO, Madrid-España. 704 Pág. Consultado el 22 de Julio, 2008. Disponible en: <http://www.tesisenxarxa.net/TDX/TDR-UC/TESIS/AVAILABLE/TDR-0816105-132348//1de7.ADCGcap1.HTML>.



21. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud y la Organización Mundial de la Salud (OMS). 2007. Nicaragua Perfil de País. (En línea). Consultado el 12 de Diciembre, 2008. Disponible en: <http://www.bvd.org.ni/digitalizacion/pdf/spa/doc0215/doc0215.pdf>.
22. Palmeri et al., 2002. Manual de Técnicas de Ingeniería Naturalística en Ámbito Fluvial. (En línea), 1ª ed. Gobierno Vasco. 191 Pág. 22 de Noviembre, 2007. Disponible en: [http://www.uragentzia.euskadi.net/u81-0003/es/contenidos/manual/manual\\_tec\\_ing\\_nat\\_amb\\_flu/es\\_doc/indice.html](http://www.uragentzia.euskadi.net/u81-0003/es/contenidos/manual/manual_tec_ing_nat_amb_flu/es_doc/indice.html).
23. Petrone A. & Preti. 2008. Suitability of soil bioengineering techniques in Central America: a case study in Nicaragua. (En línea). Department of agriculture and forestry engineering, University of Florence, Florence, Italy. 24 Pág. Consultado el 08 de Julio, 2008. Disponible en: <http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net>.
24. Petrone A. & Arcudi. 2006. Realización de Obras de Mitigación con Técnicas de Ingeniería Naturalística en el Cerro Musúm - Río Blanco, Matagalpa, Nicaragua. Proyecto DIPECHO-COSPE y la Universidad de Florencia, Italia. 2006. 34 Pág.
25. Petrone A. & Petri. 2005. Ingeniería Naturalística en Centroamérica. Ministerio degli Affari Esteri. IAPL O. Società Editrice Fiorentina, Florencia, Italia. 2005. 108 Pág.
26. Perreti & Vegetti. 2005. Patrones Estructurales en las Plantas Vasculares: Una Revisión. (En línea) Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral. Argentina. Consultado el 09 de Marzo, 2008. Rev. Guayana Bot. 62(1); Pág.9-19. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/gbot/v62n1/art03.pdf>.
27. Quijano V. & Ramírez. 2001. Determinación de organismo macrozoobentónico indicadores de nivel de contaminación en la parte alta y media de la cuenca del río tamarindo. Monografía para optar al título de licenciatura en biología. 90pp.
28. Reigosa., Pedrol & Sánchez. 2004. Ecofisiología Vegetal, Una ciencia de síntesis. 1ª ed. 2ª Reimp. Universidad de Vigo. Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. Madrid, España. 1175 pág.
29. Servicio de Información Mesoamericana (SIMAS). 2004. Consultado el 07 de Abril, 2008. Disponible en: <http://www.simas.org.ni/noticia.php?idnoticia=870><http://www.simas.org.ni/noticia.php?idnoticia=870>.
30. Sitte et al., 2004. Tratado de Botánica (Vers. actualizada). 35ª ed. (Autores originales; Strasburger., Noll F., Schenck H., Shimper W.A) Ediciones Omega. Barcelona-España. 1133 pág.
31. Stevens. W.D., et al. 2001. Flora de Nicaragua. Introducción: Gimnospermas y Angiospermas. Vol.85; Tomo I,II y III. Missouri. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, U.S.A.

#### **Páginas Web;**



32. <http://www.inbio.ac.cr/ES7WEB/ca/biodiversidad/nicaragua/Informe-Nicaragua.pdf>. Consulta desde Google el 25/07/2008.
33. <http://maps.google.com/maps?t=p&hl=es&ie=UTF8&11=12.157486,-85.858154&spn=10.040704,14.0625&z=6>. Consulta desde Google Earth el 04/08/2008.
34. <http://www.laprensa.com.ni/archivo/2005/julio/24/mosaico/mosaico-20050724-01.html>. Consulta desde Google el 05/08/2008.
35. [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/B1FB5820CBDE739B06257139005F0216?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/B1FB5820CBDE739B06257139005F0216?OpenDocument). Consultado desde Google el 08/08/2008.
36. <http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html>. Consulta desde Google el 12/02/2008.



# ANEXOS



Anexo 1.0

**Hoja de datos # 1**

y Localización:

Especie:

Fecha:

Muestreo N°:

Tipo de obra

Repeticiones	Sobreviviente	N° de Brotes	Largo Brote Principal(cm)	Diámetro Brote Principal(cm)	Observación
1					
2					
3					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
N(250)					

Cortez J. Comportamiento de algunos patrones biológicos en estacas de tallo de siete especies de plantas implementadas en Ingeniería Naturalística, 2007-2008.





Cortez J. Comportamiento de algunos patrones biológicos en estacas de tallo de siete especies de plantas implementadas en Ingeniería Naturalística, 2007-2008.





## Anexo 2.0

### Hoja de datos # 2

y Localización:

Especie:

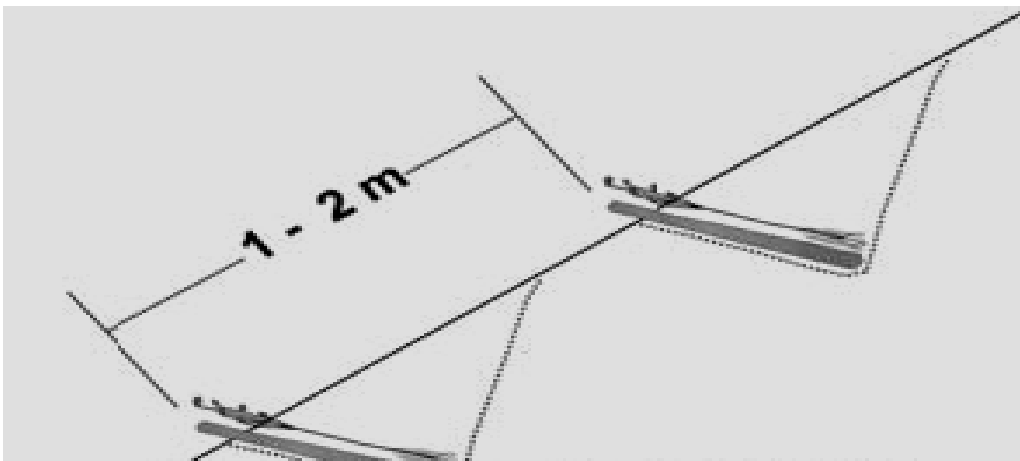
Tipo de obra

Fecha:

Muestreo N°:

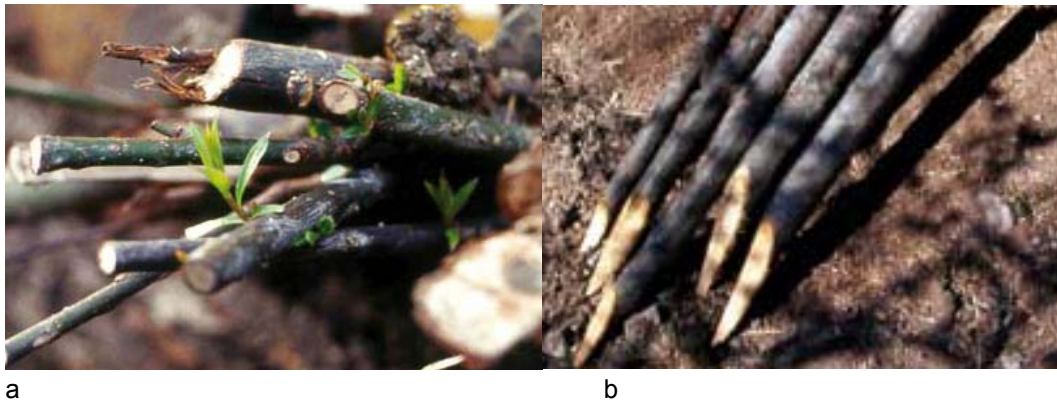
Repeticiones	N° de Raíces Primarias	Long. Raíz Principal	Diámetro Basal de R.P	Peso Fresco(gr)	Peso Seco(gr)	Observación
1						
2						
3						
.						
.						
N(10)						

## Anexo 3. Distancia conveniente entre 1-2 m (Lammeranner et al., 2005)



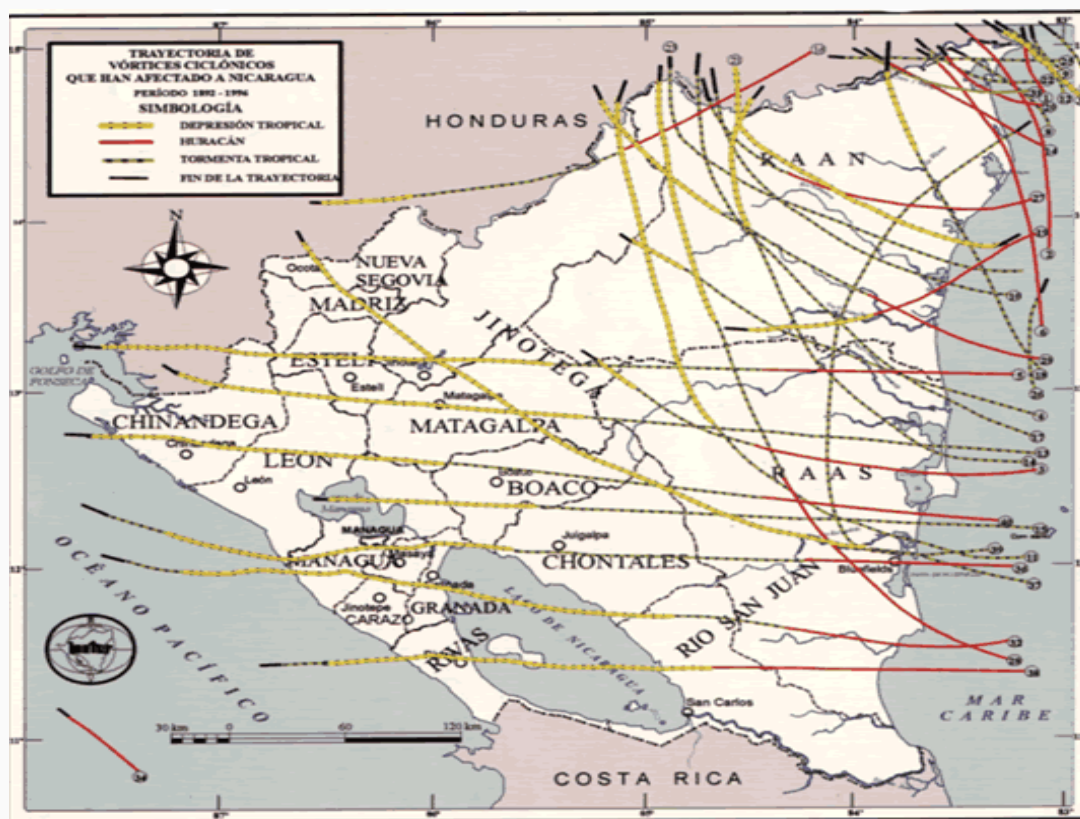


Anexo 4. a). Corte en 0° a exponer al ambiente. b). Corte en ángulo de 30-45°.



Anexo 5. Trayectorias Ciclónicas que han afectado a Nicaragua, 2006.

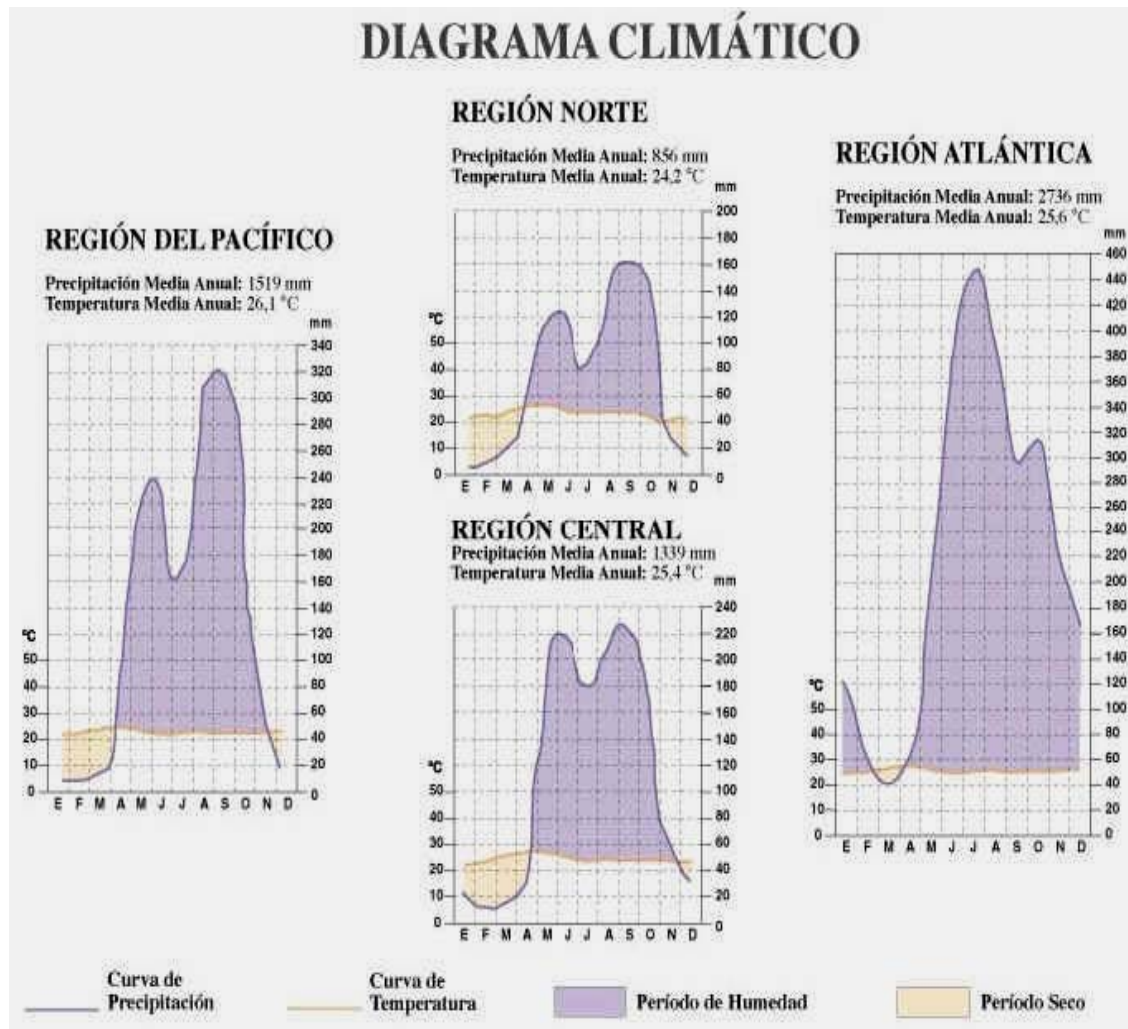
(<http://www.ineter.gob.ni/caracterizaciongeografica/capitulo7.2.html>).





## Anexo 6. Diagrama climático regional de Nicaragua.

(<http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html>).







## Anexo 7. Diseño del Modelo de Distribución y Siembra en Sub-Bloques.

Mts		25			
12	1,0				
	1,5	Tigüilote	Cuasquito	Sacuanjoche	Sauce
	0,5				
	1,5	60 Varas de 2,0 Mts de Long. de 1,0 - 5,5 Cm de Diámetro			
	0,5				
	1,5	Cuasquito	Tigüilote	Sauce	Sacuanjoche
	0,5				
	1,5	Madero	Cuasquito	Jocote casero	Madero
	0,5				
	1,5	Madero	Jocote casero	Caraña	Tigüilote
	1,0				
		6,25	6,25	6,25	6,25

## Anexo 8. Imagen del área antes del trabajo, Agosto, 2007.





Anexo 9. a). Medición del Área. b). Conformación de Biocause



b

a

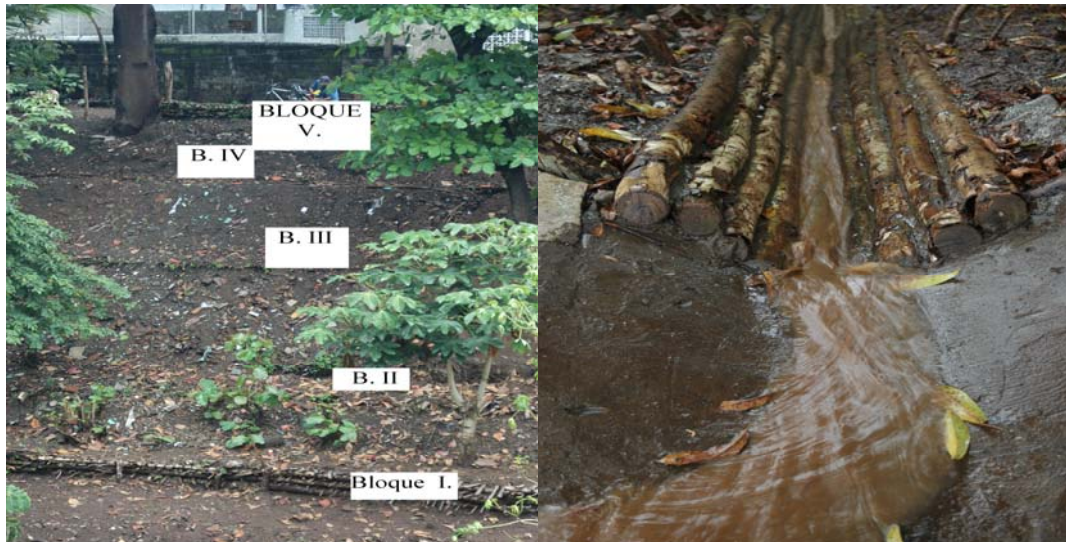
Anexo 10. Conformación de Terraplenes (Bloques), Barrera de Madera y siembra.







Anexo 11. Vista panorámica del área intervenida.



Anexo 12. Cerca con alambre de púas para protección del área.







Anexo 13. Raíces de *Plumeria rubra* L., 10 meses después de siembra.



Anexo 14. Mapa Urbano de la Ciudad de León, indicando el curso del río Chiquito (INETER. 2007).

